

## DIMENSIONAMENTO DE CONTENÇÃO PARA SUBSOLO – ESTUDO DE CASO

Dionatan Borges Magnus (1), Adailton Antonio dos Santos (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) [dioimagnus@gmail.com](mailto:dioimagnus@gmail.com) (2) [adailton@unesc.net](mailto:adailton@unesc.net)

### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar dimensionamento geotécnico e estrutural da contenção do subsolo de um edifício, localizado no município de Içara, Santa Catarina. O local objeto de estudo teve as características do seu subsolo analisadas através de investigações geotécnicas executadas por meio de sondagens à percussão. A partir disso foi traçado um perfil estratigráfico estimado do terreno, determinado os parâmetros do solo e realizado os cálculos de pressões atuantes. Para a determinação da ficha mínima foram adotados os métodos de Blum (1931), Joppert Jr. (2007) e o software computacional *Cype*, concluindo-se que dentre os métodos estudados o mais conservador é o método de Blum (1931). Com os dados de momento fletor e dos esforços de cisalhamento obtidos, através do programa computacional *Ftool*<sup>®</sup>, realizou-se o dimensionamento estrutural das paredes de contenção, comparando-se os resultados. Através do programa computacional *Cype* foi examinado o deslocamento da estrutura e a sua ruptura global, considerando comprimento de parede igual a 9,60 m. O dimensionamento estrutural da parede foi realizado através de fórmulas empíricas e pela NBR6118/2007. Foi realizada uma análise comparativa de custos entre as técnicas de parede diafragma e estacas justapostas, onde se verificou que a solução em parede diafragma é mais viável economicamente.

*Palavras-chave: Contenção. Parede diafragma. Cype. Estacas Justapostas.*

### 1. INTRODUÇÃO

Obras de contenção são frequentemente empregadas na Engenharia Civil em projetos de pontes, metrô, saneamento, estradas, viadutos e subsolos de edifícios. Contenção é uma estrutura que está ligada diretamente ao solo, sendo condicionada pelo seu deslocamento.

As escavações em obras de contenção provocam a movimentação das massas de solo a seu redor, devido à variação no seu estado de tensões, adensamento de solos saturados, por rebaixamento do lençol freático, entre outras causas. Por isso é de suma importância para a execução de uma contenção com segurança, conhecer a estratigrafia do maciço de solo a ser contido, determinar os parâmetros de resistência ao cisalhamento do mesmo, bem como, determinar os esforços atuantes e os deslocamentos gerados pelos mesmos sobre esta contenção, através de

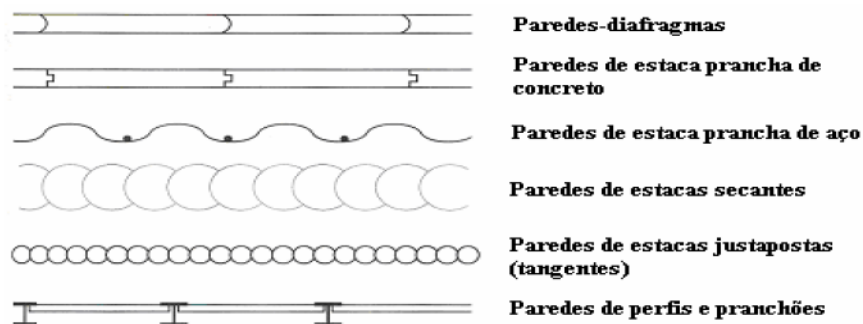
métodos de cálculo consagrados na literatura geotécnica, tais como os métodos de Blum (1931) e Joppert Jr. (2007) ou de programas computacionais como o *Cype*. O presente trabalho tem por objetivo principal o dimensionamento geotécnico e estrutural de contenções tipo parede diafragma e parede de estacas justapostas, definindo a solução economicamente mais viável. A contenção adotada terá por objetivo garantir a estabilidade das escavações do subsolo (pavimento de garagens) de um edifício localizado no município de Içara/SC.

## 1.1 OBRAS DE CONTENÇÃO

Segundo Hachich (1998) as características do terreno, bem como as condições do lençol freático e das construções que rodeiam a obra tornam mais difíceis à definição do tipo de contenção a se utilizar para que seu desempenho seja considerado bem-sucedido.

A figura 1 demonstra os tipos de elementos de contenção, conforme Massad (2005).

Figura 1: Tipos de estruturas de contenção.



Fonte: Massad, 2005 p. 29.

As contenções tipo parede diafragma e parede de estacas justapostas, objeto de estudo desse trabalho, tem propiciado aos engenheiros geotécnicos dimensionar e executar escavações próximas a estruturas existentes com rapidez, segurança e economia.

## 1.2 PAREDE DIAFRAGMA

A parede diafragma, arquitetada em 1938, na Itália, segundo Hachich (1998, p. 573), consiste “na execução de painéis de concreto armado ou não, de uma mistura de

cimento, bentonita e água (coulis), de profundidades e espessuras variáveis formando uma cortina”.

A execução de uma parede diafragma, citado por Hachich (1998, p.574):

Inicia-se por painéis chamados "primários ou iniciais", que são executados utilizando-se duas juntas colocadas uma em cada extremidade do painel, antes da concretagem. Em seguida são executados os painéis "secundários ou seqüências", ao lado de painéis já existentes; neste caso, coloca-se apenas uma junta na extremidade oposta ao painel existente, antes da concretagem. Finalmente, executam-se os painéis de "fechamento" sem chapa-junta, pois estão, necessariamente, entre dois painéis existentes.

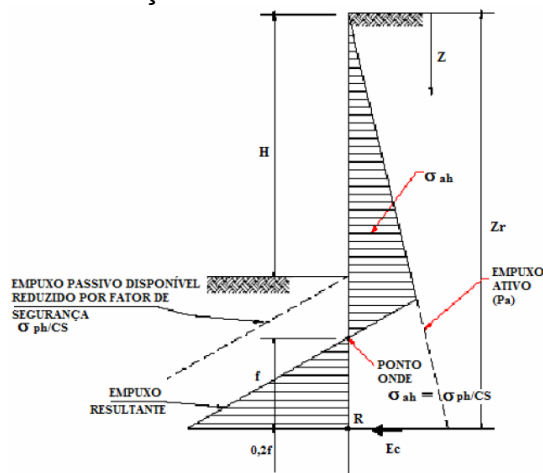
### 1.3 PAREDE DE ESTACAS JUSTAPOSTAS

Conforme Hachich (1998) as estacas justapostas são utilizadas para construção de cortinas de contenção, e podem ser executadas de duas formas: cravadas lado a lado, sendo que se pode utilizar encaixe longitudinal; ou escavadas - secantes ou tangentes.

### 1.4 MÉTODO DE BLUM (1931)

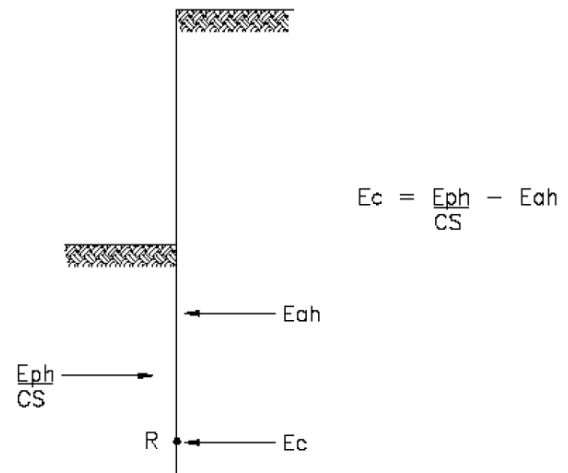
O Método de Blum (1931) considera o empuxo ativo e o passivo a ser mobilizado abaixo da escavação. De acordo com Hachich (1998) o cálculo da ficha mínima consiste em realizar o somatório dos momentos dos empuxos passivos, menos o somatório dos momentos dos empuxos ativos, em relação ao pé da contenção, conforme a figura 2a.

Figura 2a: Método de Blum para paredes em balanço com ficha mínima



Fonte: HACHICH, 1998, p. 544.

Figura 2b: Contra-Empuxo no Método de Blum



Fonte: HACHICH, 1998, p. 545

É importante ressaltar que é aplicado às tensões efetivas dos empuxos passivos um fator de segurança (FS) de 1,5 a 2,0, na região da ficha. Quando a somatória desses momentos for igual a zero, então, está determinado o comprimento da ficha, acrescido ainda em 20% para a garantia da existência de um contra-empuxo “Ec”, possibilitando assim, o equilíbrio das forças horizontais sem afetar o equilíbrio dos momentos, pois trabalha no centro de rotação R da contenção, conforme demonstrado na figura 2.b.

### **1.5 MÉTODO DE JOPERT JR. (2007)**

Segundo Joppert Jr. (2007), para implantar subsolos em obras urbanas um dos métodos de contenção que pode ser aplicado é o escoramento em balanço com ficha engastada no solo, isso porque, a rotação da contenção, que acontece por conta da atuação dos empuxos ativos, é combatida pelos empuxos passivos que agem no engastamento da cortina no solo (ficha).

Para a determinação da ficha mínima é necessário verificar o fator de segurança quanto à rotação em relação ao pé da contenção e, também, o fator de segurança quanto à translação. Caso o fator de segurança calculado não atenda o estimado em projeto deve-se aumentar a ficha.

### **1.6 PROGRAMA COMPUTACIONAL CYPE: MÓDULO ELEMENTO DE CONTENÇÃO**

Para efeito de comparação de ficha mínima, um dos métodos utilizados foi o módulo elemento de contenção do *Cype*, programa computacional. Este módulo foi desenvolvido para dimensionar e verificar a contenção periférica genérica tipo paredes moldadas com o seu respectivo dimensionamento das armaduras, cortinas de estacas de concreto armado, microestacas e estacas-pranchas metálicas. Sua análise não é linear, considerando uma lei de comportamento elastoplástica para o terreno e para os elementos de apoio. Através dele também pode se verificar a estabilidade global.

Para utilizar o *Cype* é preciso definir o tipo da contenção que será adotado, neste caso é a cortina de concreto armado. São definidas as propriedades dos materiais (concreto e tipo de aço) e as características da parede (altura inicial, espessura,

cobrimento e comprimento do tramo). Fatores como as condições a que as escavações e o projeto estão expostos alteram os resultados, como: fator de segurança, peso específico, tipo de contenção, altura da escavação, nível d'água, sobrecarga no terreno, ângulo de atrito e espessura das camadas de solo.

Para as etapas de análise e cálculo o *software* possibilita a inclusão de fatores de segurança parcial e global, além da troca de altura da ficha, até que se façam satisfeitas as condições de segurança fixadas em projeto. Determinam-se, também, os esforços, a quantidade de aço e o detalhamento da armadura na parede.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de trabalho constituiu-se inicialmente de pesquisas bibliográficas sobre contenções tipo parede diafragma e estacas justapostas, possibilitando obter subsídios necessários para aplicação e elaboração do dimensionamento geotécnico e estrutural das mesmas, garantindo assim, a estabilidade das escavações do subsolo (pavimento de garagens) de um edifício localizado no município de Içara/SC. A região do subsolo a ser contida possui 5 m de altura e 30 m de largura. A seguir, levantaram-se informações existentes sobre o local objeto de estudo (investigações geotécnicas e geológicas da região, planimetria e altimetria) o que possibilitou a realização da caracterização geológica e geotécnica da área de estudo, traçando-se o perfil estratigráfico estimado. Através de correlação com o NSPT definiu-se os parâmetros físicos, de resistência ao cisalhamento e de deformação dos solos. De posse dessas informações, partiu-se para a determinação da ficha mínima necessária para estabilização das paredes de contenção, através dos métodos de Blum (1931) e de Joppert Jr. (2007) e do programa computacional *Cype*. Em seguida, determinaram-se os esforços atuantes sobre as contenções através do *software Ftool*<sup>®</sup>. Com base nos esforços atuantes foram dimensionadas estruturalmente as paredes, de acordo com a NBR 6118/2007. A fim de comparação determinou-se através do *software Cype* (módulo de cortina) a armação longitudinal da parede diafragma. E por fim, determinaram-se os custos de implantação das contenções analisadas e, com base nos mesmos, definiu-se a solução a ser adotada.

## 2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área objeto de estudo localiza-se no município de Içara/SC, nas coordenadas geográficas W 49°18'12.74" (longitude) e S 28°43'01.24" (latitude).

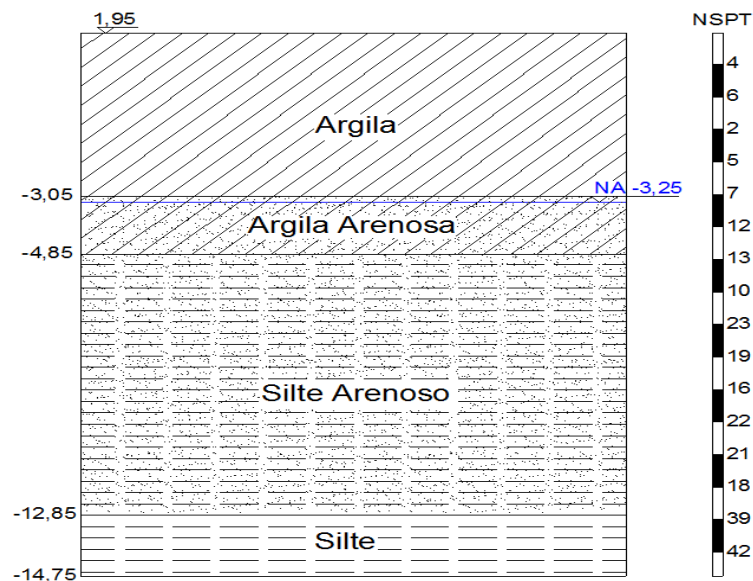
## 2.2 GEOLOGIA

A geologia da área de estudo encontra-se caracterizada por rochas sedimentares da Formação Rio Bonito (siltitos, arenitos sigmoidais e quartzosos). Os solos que predominam na área são argilas, argilas siltosas e siltes argilosos, os quais são resultantes do intemperismo das rochas sedimentares citadas.

## 2.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS GEOTÉCNICOS

A empresa responsável pela investigação geotécnica foi a Cerutti Engenharia e Estaqueamento. A investigação consistiu de três furos de sondagem à percussão (SP1, SP2 e SP3), distribuídos pelo terreno objeto de estudo. O perfil do furo SP1 (figura 3) foi adotado para base no dimensionamento, pois se apresentou geotecnicamente mais adverso (camada de solo mais espessa com menor valor de NSPT).

Figura 3: Perfil estratigráfico estimado do Furo SP1.



Fonte: O autor.

A Tabela 1 apresenta os parâmetros geotécnicos constituintes do perfil estratigráfico estimado. Tais parâmetros foram determinados a partir de correlações com o NSPT.

Tabela 1: Parâmetros do solo usado nos cálculos.

	Argila	Argila arenosa	Silte arenoso
$\gamma_{nat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	16	18	19
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	17	19	20
$\gamma_{sub}$ (kN/m <sup>3</sup> )	7	9	10
Coesão (kN/m <sup>2</sup> )	15	15	15
Ângulo de atrito (°)	23	18	26
* Coeficiente de Winkler (kN/m <sup>3</sup> )	19300	38200	71000

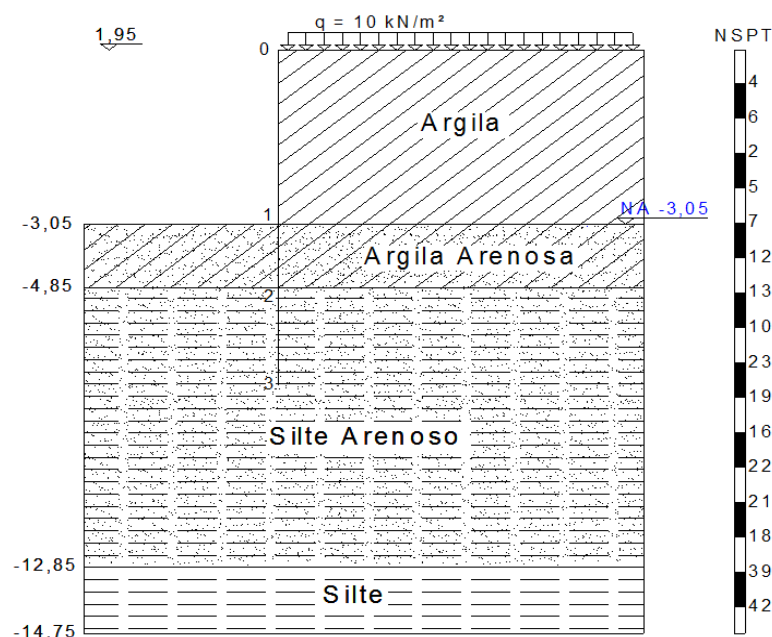
Fonte: Joppert Jr., 2007

\* Dados extraído da Tabela de Morrison (1993)

## 2.4 DETERMINAÇÃO DA FICHA E DOS ESFORÇOS

Devido a existência de uma edificação adjacente ao local da obra estudada, foi utilizada uma sobrecarga distribuída uniformemente de  $q = 10 \text{ kN/m}^2$ , como recomenda Hachich (1998). A figura 4 apresenta o modelo matemático adotado no dimensionamento geotécnico.

Figura 4: Perfil estratigráfico de cálculo estimado do Furo SP1.



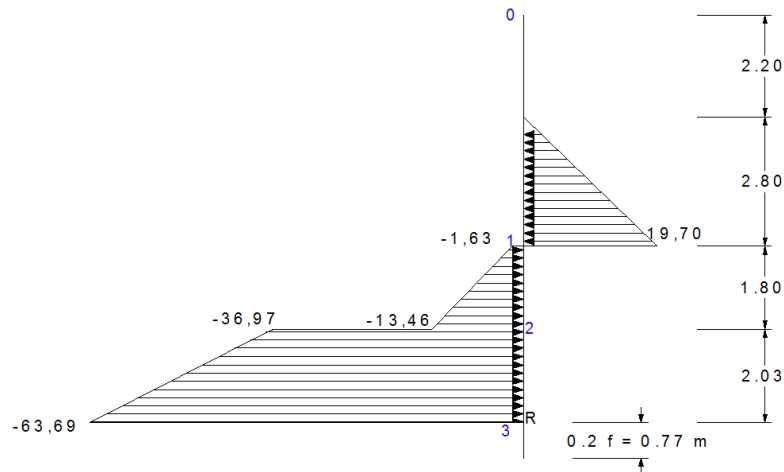
Fonte: O autor



Foi empregada a teoria de Rankine (1857) para determinar os coeficientes de empuxos ativo e passivo nas camadas de solos. Para determinar a ficha mínima foram aplicados o método computacional *Cype* e os métodos de Blum (1931) e de Joppert Jr. (2007). Em função de as paredes de contenção ficarem em balanço temporariamente e serem escoradas posteriormente pela laje do edifício, foi utilizado um coeficiente de segurança de 1,5 (NBR-6122/2010).

A Figura 5 exibe o diagrama de pressões resultantes do Método de Blum (1931) que atua na parede de contenção.

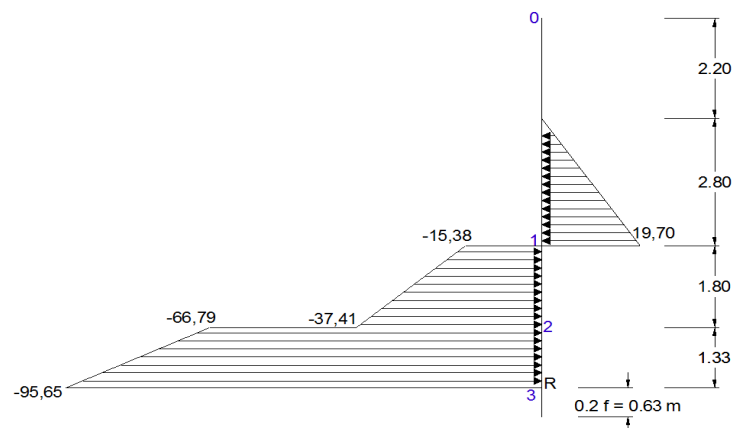
Figura 5: Diagrama resultante de pressões ativas e passivas (kN/m<sup>2</sup>).



Fonte: O autor

A Figura 6 exibe o diagrama de pressões resultantes do Método de Joppert Jr. (2007) que atua na estrutura.

Figura 6: Diagrama resultante de pressões ativas e passivas (kN/m<sup>2</sup>).



Fonte: O autor

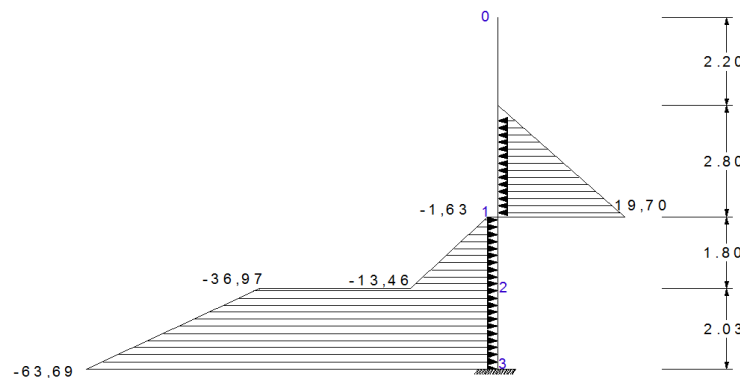


No cálculo da ficha e dos esforços na parede não foi levado em consideração o empuxo negativo do solo atuante na área escavada. Através do programa computacional *Ftool*<sup>®</sup>, com as pressões atuantes e a informação dos valores referentes ao comprimento total da parede, menos os 20% referentes à existência do contra-empuxo, foram realizados os cálculos dos valores dos esforços de momento fletor e cortante ao longo da parede.

## 2.5 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS PAREDES

Para o dimensionamento estrutural foi considerada a contenção engastada na base, conforme figura 7.

Figura 7: Diagrama resultante de pressões (kN/m<sup>2</sup>) para laje engastada.



Fonte: O autor

No dimensionamento foi considerado nulo o esforço normal provocado pelo peso próprio das paredes. Adotou-se para a parede diafragma lamelas de 2,50 m de largura, 0,40 m de espessura e 9,60 m de comprimento, concreto *fck* de 25 MPa e cobrimento de 5 cm. Já para a parede de estacas justapostas foi adotada estaca tipo raiz com diâmetro de 31 cm, com espaçamento entre eixos de 0,50 m, concreto *fck* de 25 MPa e cobrimento de 3 cm. Para o dimensionamento da armadura longitudinal utilizou-se fórmulas empíricas elaboradas por Alessandro L. Nascimento e Libânio M. Pinheiro (2007).

$$K_s = f(K_c) \quad \text{Equação (1)}$$

$$K_c = \frac{b \cdot d^2}{M_d} \quad \text{Equação (2)}$$

$$A_s = \frac{K_s \cdot M_d}{d} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

$K_c$  e  $K_s$ : Coeficientes adimensionais da Tabela Nascimento e Pinheiro (2007);

$b$ : Largura da viga;

$d$ : Altura útil da viga;

$M_d$ : Momento solicitante de cálculo;

$A_s$ : Área de armadura.

No dimensionamento da armadura transversal foi verificado através do cálculo II da NBR 6118/2007 que não há necessidade de armadura para cisalhamento. Porém, para efeitos construtivos da parede diafragma foram utilizados estribos duplos de aço CA-50  $\varnothing$  8,00 mm a cada 15 cm, para dar maior rigidez à armação e para a parede em estacas justapostas foi adotado estribos de aço CA-50  $\varnothing$  6.3 mm a cada 10 cm.

Biela de inclinação  $\theta = 45^\circ$ ;

$V_c$  = diminui com o aumento de  $V_{sd}$ ;

$\alpha = 90^\circ$

Onde:

$V_c$ : Parcela correspondente aos mecanismos internos resistentes;

$V_{sd}$ : Força Cortante solicitante de cálculo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No cálculo manual e computacional foi aplicado um fator de segurança igual a 1,5 (NBR-6122/2010), para minoração do empuxo passivo. A Tabela 2 apresenta os valores da ficha calculada, da ficha com o acréscimo de 20% e o comprimento total dos valores obtidos através dos métodos de cálculo e do software computacional adotados no presente trabalho.

Tabela 2: Valores encontrados para determinação de ficha.

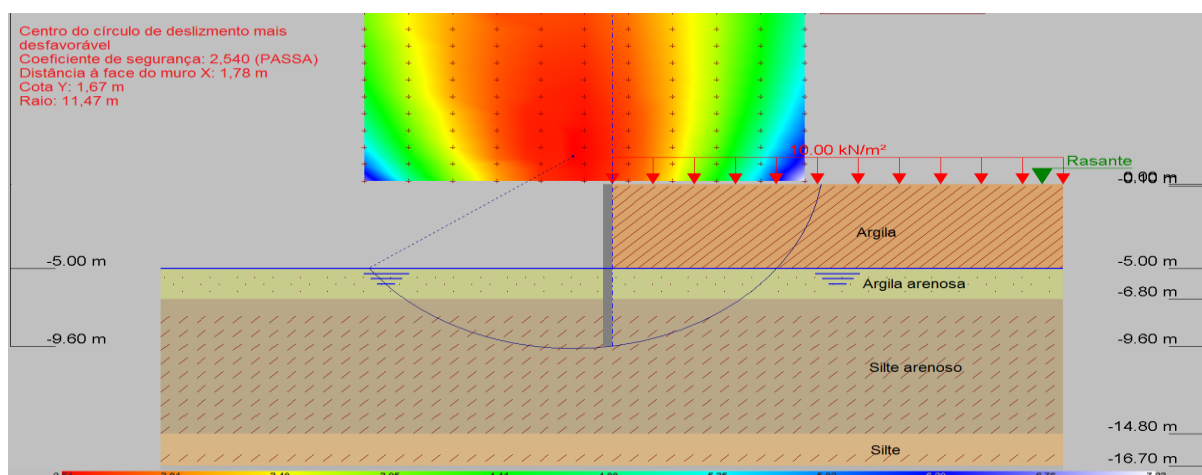
	Ficha	Ficha x 1,2	Comprimento total da parede
Computacional (Cype)	3,10 m	3,72 m	8,72 m
Manual Joppert Jr. (2007)	3,13 m	3,76 m	8,76 m
Manual BLUM (1931)	3,83 m	4,60 m	9,60 m

Fonte: O autor

Para dimensionamento estrutural das paredes adotou-se como seu comprimento total o valor da ficha obtida através do Método de Blum (1931), que é igual a 9,60 m. A escolha desse método se deu por conta de o mesmo ser específico para determinação de ficha mínima, e também por ser o mais conservador, o que resulta em maior segurança para a execução da contenção.

De posse do modelo matemático (Figura 4) e dos parâmetros geotécnicos dos solos que o constituem (Tabela 1) determinou-se o fator de segurança mínimo ( $FS_{adm}$ ) pelo método de Bishop Simplificado (1955), através do programa *Cype*. O  $FS_{adm}$  obtido foi de 2,540 (Figura 8), valor este maior do que o  $FS_{adm}$  estabelecido pela NBR-6122/2010 que é de 1,5 para risco elevado de perda material e de vidas humanas.

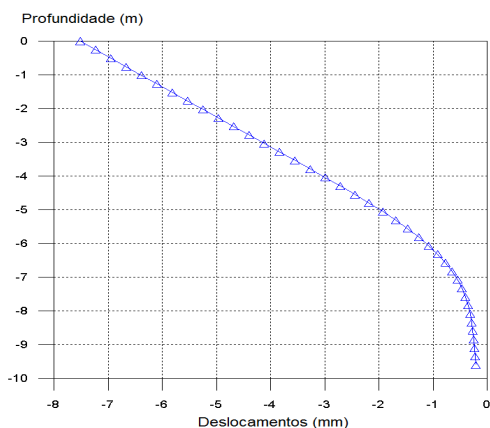
Figura 8: Análise de ruptura global.



Fonte: O autor

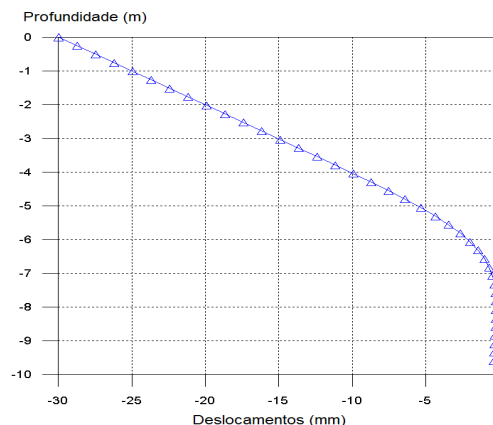
Para análise do deslocamento sofrido pelas paredes de contenção utilizou-se o programa *Cype* e verificou-se que o valor máximo de deslocamento encontra-se no topo das mesmas. Sendo que, 7,52 mm para parede diafragma (figura 9a) e 29,97 mm para parede de estacas justapostas (figura 9b). Esses resultados são aceitáveis para esses tipos de contenção.

Figura 9a: Parede diafragma – Diagrama de profundidade x deslocamentos.



Fonte: O autor

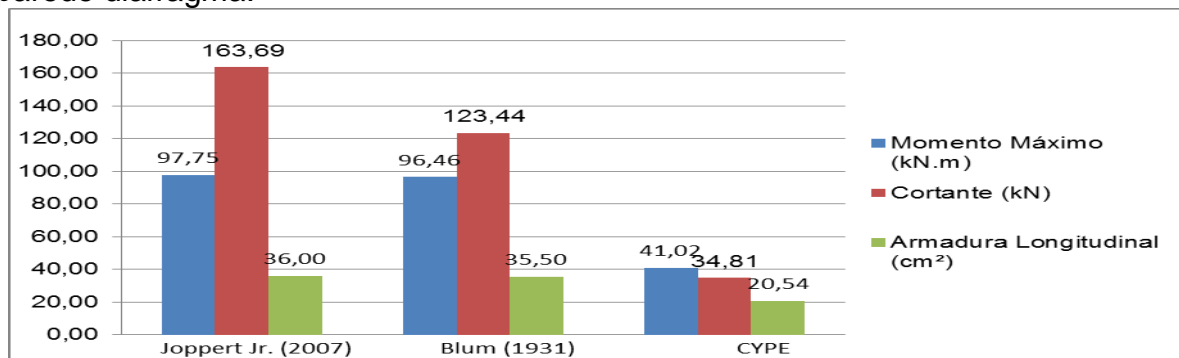
Figura 9b: Estaca justaposta - Diafragma de profundidade x deslocamentos.



Fonte: O autor

Com o objetivo de comparar os resultados foram elaborados dois gráficos com os valores dos esforços obtidos pelo *Ftool*<sup>®</sup> e a área de aço calculada pelos métodos de Blum (1931) e Joppert (2007), e também os resultados do *Cype* para a contenção em parede diafragma (figura 10) e em estacas justapostas (figura 11).

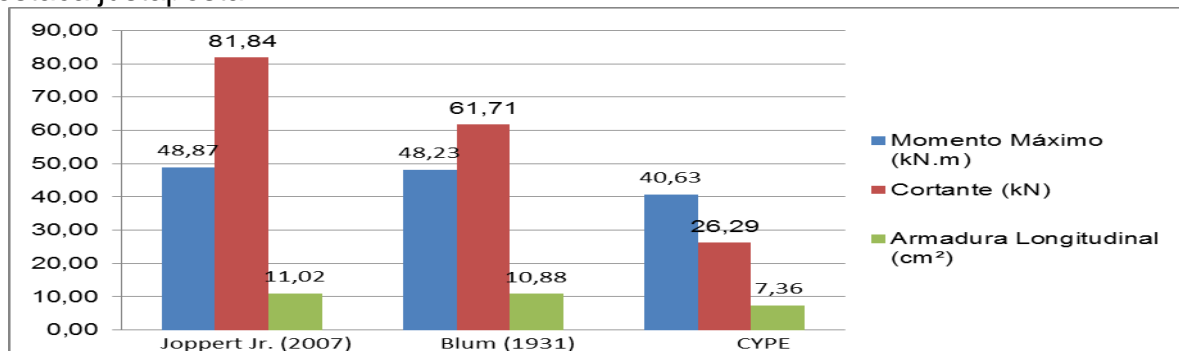
Figura 10: Gráfico comparativo dos momentos, cortante e armadura longitudinal da parede diafragma.



Fonte: O autor

Observando o gráfico da Figura 10 nota-se que apesar do método de Joppert Jr. (2007) e o programa *Cype* utilizarem comprimento de parede semelhantes, em função de o programa computacional trabalhar com elementos finitos, a sua área de aço longitudinal foi 76% mais econômica.

Figura 11: Gráfico comparativo dos momentos, cortante e armadura longitudinal da estaca justaposta.



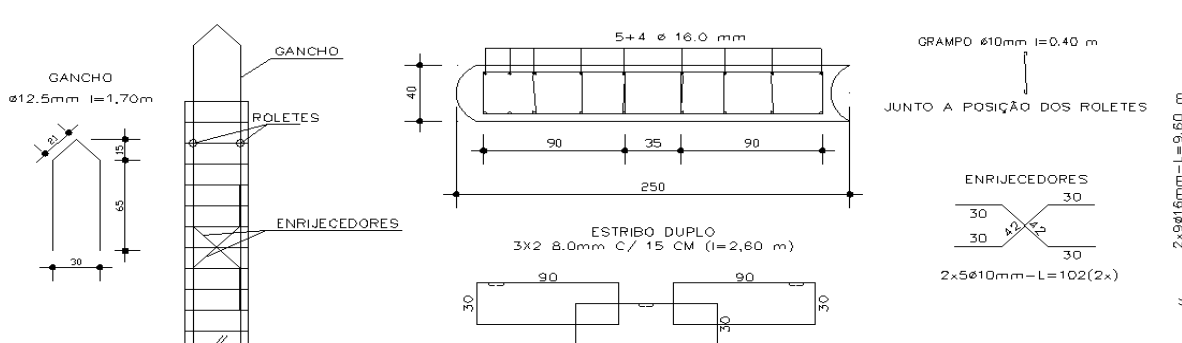
Fonte: O autor

Pelo gráfico da figura 11 nota-se que apesar do método de Joppert Jr. (2007) e o Cype utilizarem comprimento de estacas semelhantes, em função de o programa computacional trabalhar com elementos finitos, a sua área de aço longitudinal foi 49,59% mais econômica.

### 3.1 ESTIMATIVA DE CUSTO

O custo para execução de contenção de uma escavação de 5 m de altura por 30 m de extensão, através de uma parede diafragma de 40 cm de espessura e 9,60 m de comprimento, com lamelas de 2,50 m, cujo detalhamento estrutural encontra-se na figura 12, foi calculado em R\$ 166.884,05. Os valores referentes aos insumos foram levantados a partir do relatório de Outubro de 2013 do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) para o Estado de Santa Catarina, e os valores da mão de obra foram obtidos através da empresa MGS Fundações Especiais Ltda.

Figura 12: Detalhe da armadura.



Fonte: O autor

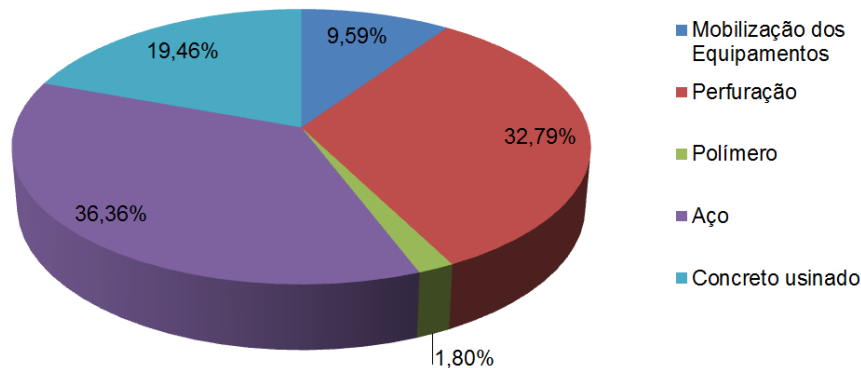
Tabela 3: Preços de serviço para contenção com parede diafragma.

Descrição de Serviço	Un	Quantidade	Custo R\$	
			Base 2013	
			Preço Unit.	Preço total
<b>1 Parede diafragma</b>				
1.1 Mobilização dos Equipamentos	vb	1,00	16.000,00	16.000,00
1.2 Perfuração	m <sup>2</sup>	288,00	190,00	54.720,00
1.3 Polímero	vb	1,00	3.000,00	3.000,00
1.4 Armação da parede				
1.4.1 Armação aço CA-50 - Diâmetro 6.3mm a 12,5 mm	kg	5.750,42	6,86	39.447,88
1.4.2 Armação aço CA-50 - Diâmetro 16.0 mm	kg	3.599,35	5,90	21.236,17
1.5 Concreto usinado fck = 25 Mpa	m <sup>3</sup>	116,00	280,00	32.480,00
			<b>Total</b>	<b>166.884,05</b>

Fonte: O autor

A Figura 13 demonstra a influência percentual no custo dos elementos necessários para a execução da contenção com parede diafragma.

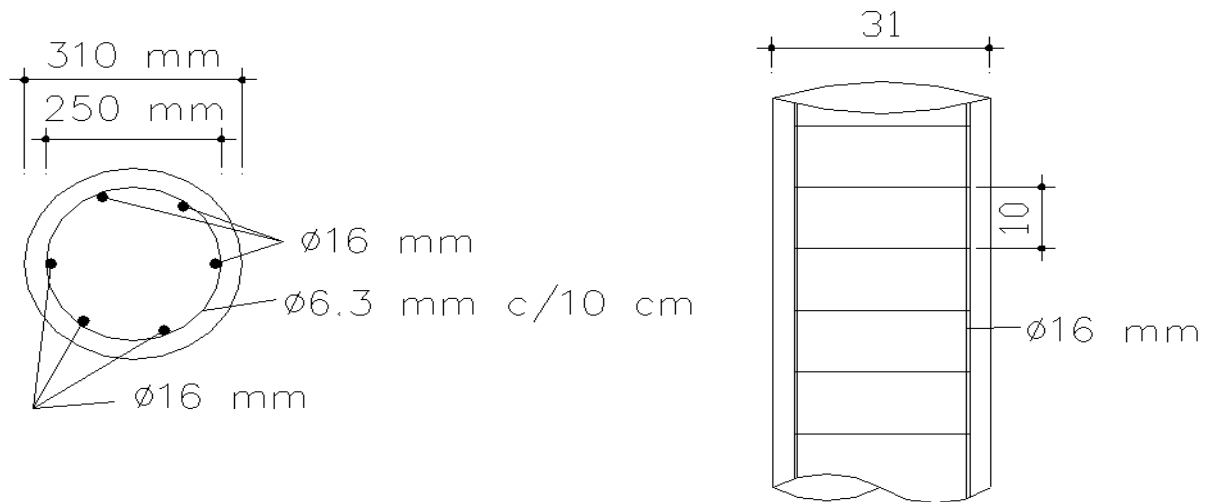
Figura 13: Gráfico da influência no custo da contenção em parede diafragma



Fonte: O autor

A figura 14 apresenta o detalhamento da armadura da estaca raiz que irá compor a parede de estacas justapostas do subsolo objeto de estudo.

Figura 14: Detalhe da armadura.



Fonte: O autor

A tabela 4 apresenta o detalhamento do custo de implantação da parede de estacas justapostas que foi de R\$ 184.075,92. Os valores referentes aos insumos foram levantados a partir do relatório de Outubro de 2013 do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) para o Estado de Santa Catarina, e o serviço de mão de obra foram obtidos através da empresa FUNDASUL ENGENHARIA GEOTÉCNICA.

Tabela 4: Preços de serviço para contenção em estacas justapostas.

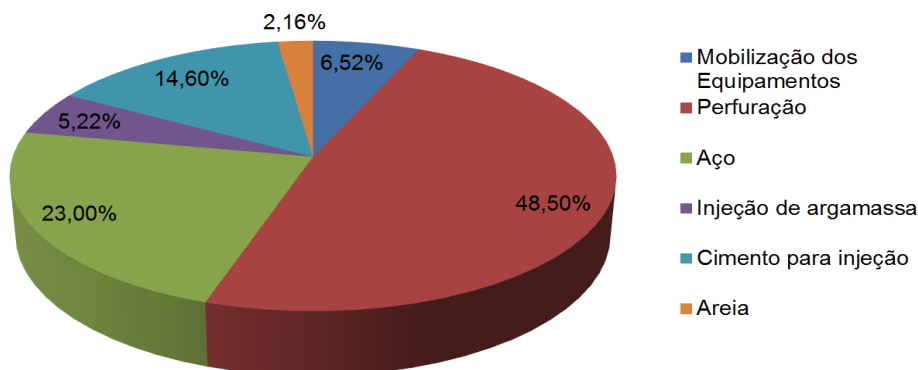
Descrição de Serviço	Un	Quantidade	Custo R\$	
			Base 2013	
			Preço Unit.	Preço total
<b>1 Estacas Justapostas</b>				
1.1 Mobilização dos Equipamentos	vb	1,00	12.000,00	12.000,00
1.2 Perfuração	m	576,00	155,00	89.280,00
1.3 Armação das estacas				
1.3.1 Armação aço CA-50 - Diâmetro 6.3 mm	kg	1.481,76	6,86	10.164,87
1.3.2 Armação aço CA-50 - Diâmetro 16.0 mm	kg	5.453,57	5,90	32.176,05
1.4 Injeção de argamassa (saca de 50 kg)	sc	960,00	10,00	9.600,00
1.5 Cimento para injeção (saca de 50 kg)	sc	960,00	28,00	26.880,00
1.6 Areia	m <sup>3</sup>	60,00	66,25	3.975,00
			<b>Total</b>	<b>R\$ 184.075,92</b>

Fonte: O autor



A figura 15 exibe a influência (%) no custo dos elementos intervenientes na execução da contenção com estacas justapostas.

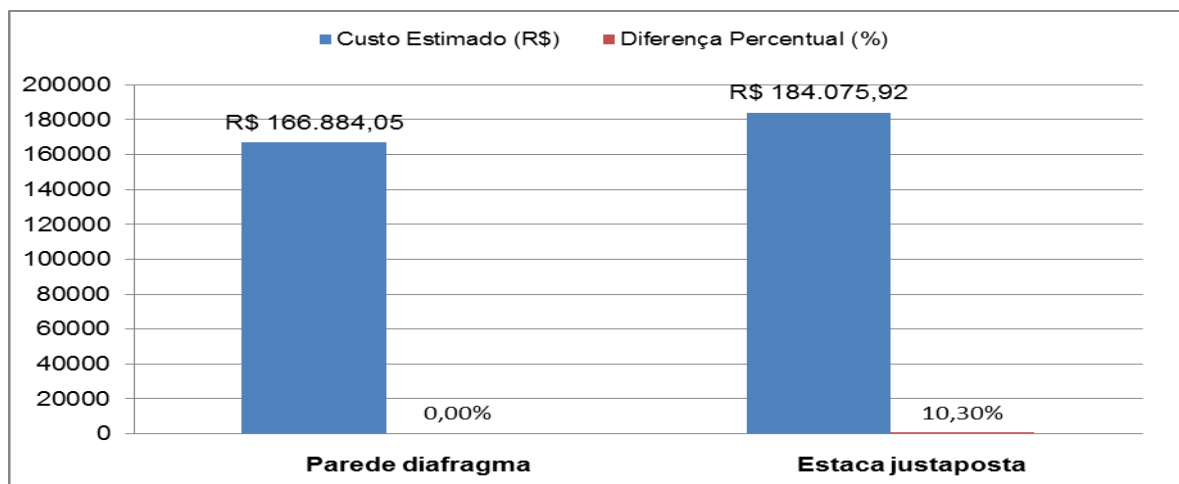
Figura 15: Gráfico da influência no custo em estacas justapostas.



Fonte: O autor

O custo de implantação da parede diafragma é 10,30% inferior ao da parede em estacas justapostas, conforme demonstrado no gráfico da figura 16.

Figura 16: Custos estimados de parede diafragma e estacas justapostas.



Fonte: O autor

Quanto à execução é importante salientar que a contenção em parede diafragma apresenta um processo executivo mais rápido quando comparado com a solução em estacas justapostas. Além disso, a solução em estacas justapostas apresenta pior qualidade de acabamento na superfície da parede obtida.

Portanto, adotou-se com base em questões executivas e econômicas, como contenção para o subsolo do edifício objeto de estudo, a parede diafragma.

#### 4. CONCLUSÕES

O Método de Blum (1931) apresentou o maior comprimento de ficha mínima necessária para garantir a estabilidade das paredes de contenção. Isso se deve ao fato de o mesmo aplicar um fator de segurança redutor de 1,5 sobre as tensões efetivas dos empuxos passivos.

As fichas mínimas necessárias para garantir a estabilidade das paredes de contenção determinadas pelos métodos de Joppert Jr. (2007) e pelo software *Cype* foram praticamente idênticas, ou seja, apresentaram uma diferença de 0,97%. Isso se explica pelo fato dos dois adotarem a mesma metodologia de cálculo, pois aplicam um fator segurança redutor de 1,5 sobre tensões totais dos empuxos passivos.

Na análise do custo da execução da contenção em parede diafragma, observou-se que o processo de fornecimento e armação do aço corresponde a 36,36% do custo total, gerando um impacto significativo. Esse valor se explica pelo fato dessa técnica exigir armadura maior que a solicitada em cálculo para o momento do içamento da mesma no interior da perfuração.

Já observando o custo da execução em estacas justapostas, nota-se que o processo de perfuração corresponde a 48,50% do custo total, isso porque, para a construção dessa parede as estacas devem ficar muito próximas, gerando assim, uma quantidade muito grande de perfuração, a qual tem um custo alto.

A contenção adotada para o presente caso foi a parede diafragma e o critério definidor foi o econômico. Já que essa contenção apresentou um custo de implantação 10,30% mais baixo do que a parede de estacas justapostas.

#### 5. REFERÊNCIAS

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: fundamentos. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1988. v. 1

HACHICH, Waldemar. **Fundações: teoria e prática**. São Paulo: PINI, 1998.

JOPPERT JUNIOR, Ivan. **Fundações e Contensões de Edifícios**: qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: PINI, 2007.

MASSAD, Façal. **Escavações a céu aberto em solos tropicais**: região centro-sul do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MORRISON, Nelson. **Interação Solo-Estrutura**: Semi-espaço Winkler. Dissertação de mestrado. Universidade Politécnica de *Catalunya*, Barcelona, Espanha. 1993

PINHEIRO, Libânio M. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**. 2007. Apostila - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.set.eesc.usp.br/portal/pt/>> Acesso em 12 de novembro de 2013.

SINAPI. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: [http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/sinapi/insumos\\_comdes\\_out\\_2013/Precos\\_Insumos\\_SC\\_OUT\\_2013\\_COM\\_DESONERA%C7%C3O.PDF](http://downloads.caixa.gov.br/arquivos/sinapi/insumos_comdes_out_2013/Precos_Insumos_SC_OUT_2013_COM_DESONERA%C7%C3O.PDF). Acesso em 18 de novembro de 2013.