XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF

DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.4/47

Comparação entre Métodos de Dimensionamento Estrutural à Flexão de Painéis de Cortina Atirantada

Marina Benevides Carvalho Chaves
Engenheira Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil, marinabenevides@coc.ufrj.br

Robson Palhas Saramago
Professor Associado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil, robsonsaramago@id.uff.br

Carolina Cury Saramago
Engenheira Civil, Terrae Projetos e Consultoria Ltda, Niterói, Brasil, carolinasaramago@id.uff.br

Antonio Alves do Couto Junior
Engenheiro Civil, Terrae Projetos e Consultoria Ltda, Niterói, Brasil, antoniocoutojr2@gmail.com

RESUMO: O trabalho apresenta uma comparação de formas de dimensionamento estrutural à flexão de painéis de cortinas atirantadas. A comparação é realizada por meio de diferentes metodologias: método simplificado da ABNT NBR 6118 (2023), método baseado na Hipótese de Winkler associado à tabela de valores típicos de ensaio de placa e método baseado na Hipótese de Winkler associado ao módulo de elasticidade estimado do solo em função do N_{SPT}. Os resultados do dimensionamento estrutural, obtidos com auxílio do programa Ftool para o método simplificado e de programa computacional de dimensionamento de estruturas em concreto armado (Cypecad) para os métodos baseados na Hipótese de Winkler, foram comparados entre si, levando em consideração o efeito da homogeneidade ou heterogeneidade do solo. A aplicação prática dos conceitos é realizada por intermédio de estudo de caso numa obra na Rodovia RJ-148, no Município de Sumidouro - RJ.

PALAVRAS-CHAVE: cortina atirantada; dimensionamento estrutural; hipótese de Winkler; interação solo-estrutura.

ABSTRACT: This paper presents a comparison of different structural design approaches for anchored retaining wall panels. The comparison is carried out using distinct methodologies: the simplified method prescribed by ABNT NBR 6118 (2023), a method based on the Winkler Hypothesis associated with typical plate load test values, and a method based on the Winkler Hypothesis associated with the soil elastic modulus estimated as a function of the N_{SPT} value. The structural design results, obtained using the Ftool software for the simplified method and reinforced concrete structural design software (Cypecad) for the Winkler-based methods, are compared considering the effects of soil homogeneity and heterogeneity. The practical application of the concepts is performed through a case study of a project located on highway RJ-148, in the municipality of Sumidouro, Rio de Janeiro, Brazil.

KEYWORDS: anchored retaining wall; structural design; Winkler hypothesis; soil-structure interaction.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das áreas urbanas, frequentemente associado à ocupação de encostas e regiões com relevo acidentado, tem contribuído de forma significativa para a ocorrência de movimentos de massa, resultando em danos sociais, econômicos e ambientais relevantes. A ocorrência de chuvas intensas, a execução de cortes em encostas naturais e a introdução de sobrecargas na crista dos taludes figuram entre os principais fatores desencadeantes desses processos em áreas urbanizadas.

Nesse contexto, o estudo da estabilidade de taludes e o desenvolvimento de soluções de contenção adequadas tornam-se fundamentais para a mitigação de riscos geotécnicos. Entre as soluções empregadas, as cortinas atirantadas destacam-se pela eficiência no controle de deslocamentos e pela possibilidade de aplicação em situações com restrições geométricas e geotécnicas.

As cortinas atirantadas são classificadas como estruturas de contenção ativas, sendo constituídas por um paramento de concreto armado associado a tirantes protendidos ancorados em camadas resistentes do terreno. O desempenho global desses sistemas depende da interação entre os elementos estruturais e o maciço de solo contido, bem como da adequada definição dos parâmetros geotécnicos e estruturais envolvidos no projeto.

O método simplificado da NBR 6118 (2014) para lajes-cogumelo, que modela o painel com a definição de pórticos múltiplos submetidos às cargas dos tirantes, é um método tradicionalmente conhecido no dimensionamento estrutural dos painéis de cortinas atirantadas. Embora apresente simplicidade e praticidade, ele desconsidera, em muitos casos, a interação solo-estrutura, podendo levar à subestimação das solicitações estruturais, sobretudo em solos estratificados.

Dessa forma, métodos baseados na Hipótese de Winkler podem ser empregados com o objetivo de incorporar a influência da rigidez do solo no comportamento estrutural dos painéis. A estimativa do coeficiente de mola do solo pode ser feita tanto por ensaios experimentais, quanto por correlações empíricas baseadas no índice N_{SPT}.No entanto, ambas metodologias envolvem um certo grau de incerteza.

Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo comparar diferentes metodologias de dimensionamento estrutural à flexão de painéis de cortinas atirantadas, avaliando a influência da consideração da interação solo-estrutura e da homogeneidade ou heterogeneidade do solo nos resultados de armadura obtidos, contribuindo para o aprimoramento dos critérios de projeto desse tipo de estrutura.

2 MÉTODO SIMPLIFICADO DA NBR 6118 (2023)

Os painéis da cortina atirantada podem ser dimensionados como lajes-cogumelo, metodologia na qual os tirantes podem ser considerados como apoios indeslocáveis. As diretrizes da ABNT NBR 6118 (2023) para dimensionamento de lajes-cogumelo podem ser tomadas para nortear a metodologia do cálculo para os painéis de concreto armado, desde que os tirantes estejam dispostos de maneira regular e com vãos pouco diferentes.

A metodologia baseia-se no cálculo das solicitações por processo elástico aproximado, com redistribuição, a partir da definição de pórticos múltiplos em cada direção. A carga total é considerada em cada pórtico, e a distribuição dos momentos é realizada conforme as faixas indicadas na Figura 1. Para as faixas internas, adotam-se 45% dos momentos fletores positivos e 25% dos momentos fletores negativos; para as faixas externas, os percentuais são de 27,5% e 37,5%, respectivamente.

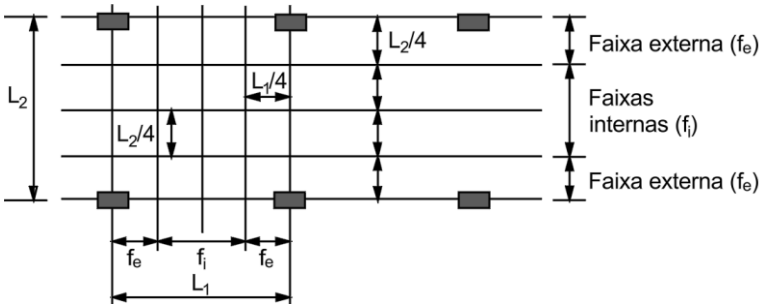


Figura 1. Faixas de laje para distribuição das solicitações nos pórticos múltiplos.
Fonte: ABNT NBR 6118 (2023)

3 MÉTODO DE WINKLER

A interação solo-estrutura é fundamental no comportamento de estruturas de contenção, pois a deformabilidade do maciço influencia diretamente a distribuição de tensões e deslocamentos (MORAES, 1976). Entre as abordagens disponíveis, destaca-se a Hipótese de Winkler, que representa o solo como um meio elástico discreto, composto por molas independentes cuja rigidez é proporcional à deformação local.

Segundo essa hipótese, as pressões de contato são proporcionais aos recalques, assumindo-se que o comportamento do solo é análogo ao de uma mola. A relação fundamental da hipótese pode ser expressa conforme a Equação (1), em que q é a pressão de contato solo–estrutura, k_v é o coeficiente de mola vertical do solo e w é o deslocamento vertical do elemento estrutural:

$$q = k_v \cdot w \tag{1}$$

Em situações em que não existam dados de ensaios do solo in loco, podem ser utilizados os valores de referência listados na Tabela 1 (Moraes, 1976; apud Souza e Reis, 2008), obtidos por meio de ensaios de placa. No entanto, tais valores não apresentam correspondência direta com as classificações de solo preconizadas pela ABNT, além de terem sido obtidos em solos estrangeiros, o que pode comprometer sua representatividade para solos brasileiros. Dessa forma, recomenda-se a adoção de faixas de valores, de modo a abranger as incertezas inerentes aos valores tabelados.

Tabela 1. Valores de k_v em kN/m³. Fonte: Moraes (1976, apud Souza e Reis, 2008).

Tipo de Solo	k_v **(kN/m³) 10³**
Turfa leve – solo pantanoso	5 a 10
Turfa pesada – solo pantanoso	10 a 15
Areia fina de praia	10 a 15
Aterro de silte, de areia e cascalho	10 a 20
Argila molhada	20 a 30
Argila úmida	40 a 50
Argila seca	60 a 80
Argila seca endurecida	100
Silte compactado com areia e pedra	80 a 100
Silte compactado com areia e muita pedra	100 a 120
Cascalho miúdo com areia fina	80 a 120
Cascalho médio com areia fina	100 a 120
Cascalho grosso com areia fina	80 a 120
Cascalho grosso com areia grossa	120 a 150
Cascalho grosso com pouca areia	150 a 200
Cascalho grosso com pouca areia compactada	200 a 250

O coeficiente de mola também depende da geometria do elemento estrutural, sendo necessária a correção dos valores tabelados em função das dimensões e dos fatores de forma da placa do ensaio e do painel a ser dimensionado. Para solos homogêneos, essa correção pode ser realizada pela Equação (2), derivada da Teoria da Elasticidade. Já para solos cuja rigidez cresce linearmente com a profundidade, recomenda-se o uso da Equação (3), proposta por Terzaghi e Peck (1967):

$$k_v = k_{v,b} \cdot \frac{b}{B} \cdot \frac{I_{s,b}}{I_{s,B}} \tag{2}$$

$$k_v = k_{v,b} \cdot \left(\frac{B+b}{2 \cdot B}\right)^2 \tag{3}$$

Em que $I_{s,b}$ e $I_{s,B}$ representam os fatores de forma da placa de ensaio e da estrutura real, respectivamente; b e B correspondem às menores dimensões da placa e do elemento analisado; $k_{v,b}$ é o coeficiente de mola da placa, e k_v, o coeficiente de mola corrigido para o elemento.

O coeficiente de mola também pode ser relacionado diretamente ao módulo de elasticidade do solo, conforme expressão proposta por Perloff (1975), em que E é o módulo de elasticidade do solo, ν o coeficiente de Poisson e I_s o fator de forma:

$$k_v = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{I_s}{B} \tag{4}$$

Na ausência de ensaios, o módulo de elasticidade pode ser estimado por correlação empírica com o índice N_{SPT} proposta por Teixeira e Godoy (1996). É apresentada na Equação (6), em que α e K são coeficientes dependentes da classificação do solo:

$$E_s = \alpha \cdot K \cdot N_{SPT,médio} \tag{5}$$

4 APLICAÇÃO PRÁTICA EM ESTUDO DE CASO – RODOVIA RJ-148

Com o objetivo de avaliar o desempenho de diferentes métodos de dimensionamento estrutural de painéis de cortina atirantada em uma situação real de obra, foi analisado um estudo de caso referente a uma contenção projetada para a Rodovia RJ-148, no município de Sumidouro/RJ.

O painel típico da cortina possui altura de 11,5 m e espessura de 30 cm. Os tirantes possuem 510 kN de carga de trabalho, com os espaçamentos indicados na Figura 2.

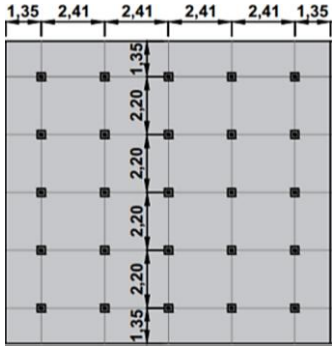
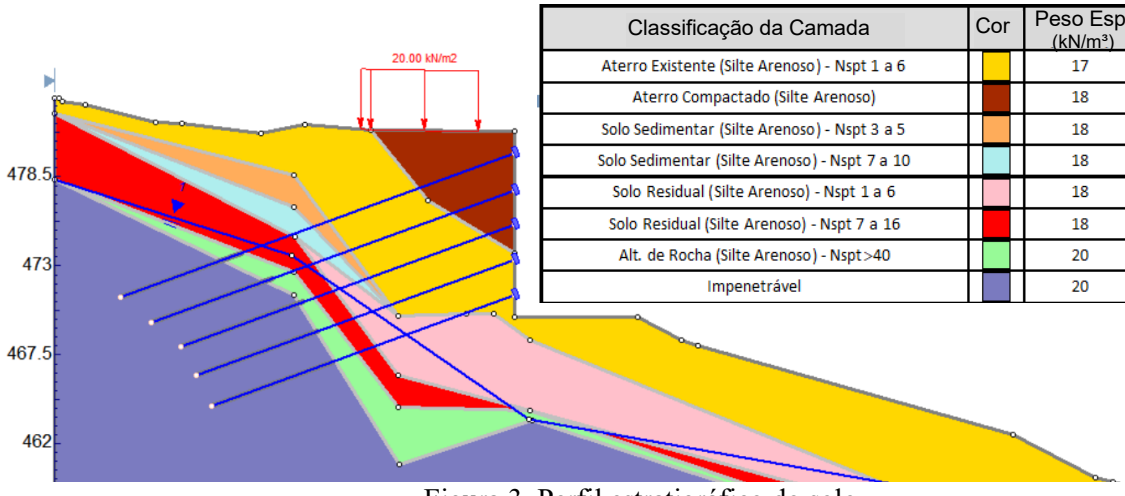


Figura 2. Geometria do painel regular adotado (dimensões em m).

O projeto prevê a execução da cortina atirantada pelo método parcialmente descendente e ascendente, no qual o painel seria executado de forma a manter o aterro de silte arenoso existente e preencher até a cota de topo com aterro compactado silto-arenoso. Dessa forma, o painel estaria arrimando um solo heterogêneo, composto pelas duas camadas bem definidas, cada uma ocupando aproximadamente metade da altura da contenção, representadas em amarelo e vinho pela Figura 3.

Alternativamente, no método ascendente, o painel seria executado com aterro compactado ao longo de toda a sua altura. Assim, ambos os métodos executivos são utilizados para a comparação das metodologias de dimensionamento, avaliando-se a convergência dos resultados para o caso de solo homogêneo e heterogêneo.



Classificação da Camada	Cor	Peso Esp. (kN/m³)	Coesão (kPa)	Phi (°)
Aterro Existente (Silte Arenoso) - Nspt 1 a 6		17	3	30
Aterro Compactado (Silte Arenoso)		18	10	30
Solo Sedimentar (Silte Arenoso) - Nspt 3 a 5		18	0	25
Solo Sedimentar (Silte Arenoso) - Nspt 7 a 10		18	5	27
Solo Residual (Silte Arenoso) - Nspt 1 a 6		18	5	25
Solo Residual (Silte Arenoso) - Nspt 7 a 16		18	10	30
Alt. de Rocha (Silte Arenoso) - Nspt>40		20	20	35
Impenetrável		20	30	40

Figura 3. Perfil estratigráfico do solo.

4.1 Método Simplificado

A aplicação do método simplificado foi feita a partir da modelagem de elementos de barra, com o auxílio do programa Ftool. O esquema estrutural é formado por apoios que representam os tirantes e por vigas que representam os painéis, adotadas com dimensões equivalentes à área de influência dos tirantes (Figura 4).

As faixas de laje para distribuição das solicitações em cada viga foram subdivididas conforme indicação da ABNT NBR 6118 (2023). Os vãos internos da laje foram divididos em quatro faixas e para a região dos balanços, foram adotadas duas faixas, já que os balanços têm dimensões de aproximadamente metade do vão.

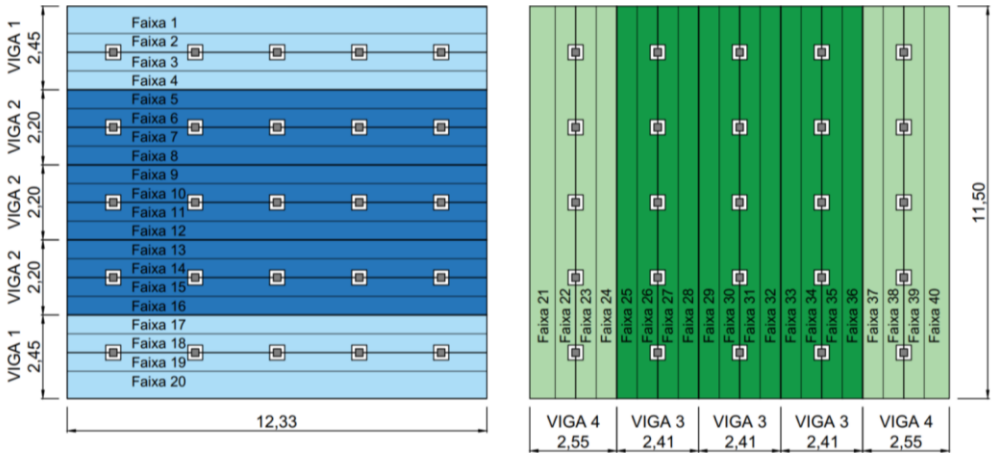
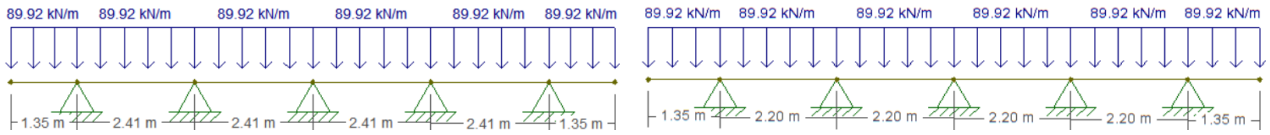


Figura 4. Vigas e faixas de dimensionamento do painel (dimensões em m).

Os modelos estruturais das vigas estão apresentados na Figura 5. As forças concentradas dos tirantes foram convertidas em carregamento linear equivalente, resultando em 89,92 kN/m.m. Os momentos fletores positivos e negativos máximos, obtidos por metro de faixa, foram redistribuídos conforme os critérios normativos e multiplicados pela largura de cada faixa para o cálculo da área de armadura necessária.



(a) Horizontal (b) Vertical

Figura 5. Modelo estrutural das vigas com carregamento por metro de faixa.

4.2 Método baseado na Hipótese de Winkler associado ao Módulo de Elasticidade Estimado do Solo

Os módulos de elasticidade para as camadas de solo foram estimados por meio da eq. (5) e para a determinação dos coeficientes de mola vertical, pela equação (4). A tabela apresenta os parametros adotados.

Tabela 2. Valores de k_v estimados para as camadas de solo.

Camada	E (MPa)	ν	B (m)	Is,B	k_v (kN/m³)
Aterro compactado	24,75	0,35	11,5	0,95	2.582
Aterro existente	9,00	0,30	11,5	0,95	905

Os coeficientes de mola foram utilizados diretamente nas modelagens, considerando o painel como um radier sobre meio elástico, tanto no caso de aterro compactado quanto no caso de metade do painel em aterro compactado e a outra metade em aterro existente. A partir dos modelos, os valores dos momentos fletores máximos em cada faixa do painel foram adotados para o cálculo das armaduras necessárias.

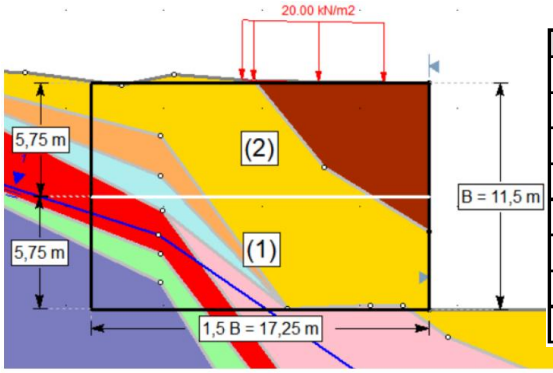
4.3 Método baseado na Hipótese de Winkler associado a Valores Típicos

Adotou-se o coeficiente de mola do solo entre 10.000 e 20.000 kN/m³ para a camada existente de aterro de compacidade variando de fofo a pouco compacto, correspondente ao tipo de solo descrito como “aterro de silte, de areia e cascalho” pela Tabela 1. Enquanto para o aterro compactado, foi adotada a faixa de 80.000 a 100.000 kN/m³, correspondente a um solo classificado como “silte compactado com areia e pedra”.

Para corrigir o coeficiente de mola, é necessário prever o comportamento do solo ao longo da profundidade para selecionar a expressão adequada dentre a (2) e (3). Como os painéis de cortina atirantada são dispostos verticalmente, a profundidade onde o solo será solicitado devido à carga dos tirantes é na direção horizontal.

A distância horizontal afetada por acréscimo de tensões que podem levar à ocorrência de deslocamentos relevantes pode ser estimada a partir da analogia com o bulbo de tensões de uma placa quadrada uniformemente carregada, já que o painel tem formato aproximadamente quadrado.

No bulbo de tensões tem-se que numa profundidade 1,5B, sendo B a dimensão da placa quadrada, o solo é solicitado por um acréscimo de tensão vertical menor que 20% da pressão atuante da placa. Portanto, o k_v do solo solicitado pelo carregamento imposto pela cortina atirantada foi estimado considerando o solo existente desde a face do painel até a distância horizontal de 1,5B da face (Figura 6).



Classificação da Camada	Cor	Peso Esp.(kN/m³)	Coesão(kPa)	Phi(°)
Aterro (Silte Arenoso) - Nspt 1 a 6		17	3	30
Aterro Compactado (Silte Arenoso)		18	10	30
Solo Sedimentar (Silte Arenoso) - Nspt 3 a 5		18	0	25
Solo Sedimentar (Silte Arenoso) - Nspt 7 a 10		18	5	27
Solo Residual (Silte Arenoso) - Nspt 1 a 6		18	5	25
Solo Residual (Silte Arenoso) - Nspt 7 a 16		18	10	30
Alt. de Rocha (Silte Arenoso) - Nspt>40		20	20	35
Impenetrável		20	30	40

Figura 6. Região de influência para coeficiente de mola.

Na camada (1) de aterro existente junto à face do painel, são atingidas camadas de solo residual caracterizado por silte arenoso com N_{SPT} de 7 a 16 golpes, por alteração de rocha silto arenosa com N_{SPT} maior que 40 golpes e por camada impenetrável à percussão. Portanto, existe acréscimo de resistência das camadas de solo ao longo da distância horizontal de 1,5B e o kv foi obtido pela equação (3), que considera aumento do módulo de elasticidade ao longo da distância horizontal do solo solicitado.

A camada (2) de aterro compactado junto à face do painel atinge camadas de solo sedimentar com N_{SPT} entre 3 e 10 golpes. Assim, não há incremento considerável de resistência do solo e o kv foi obtido pela equação (2), que considera o módulo de elasticidade aproximadamente constante.

Para o método ascendente, em que o aterro compactado é executado ao longo de todo o painel, o módulo de elasticidade também foi considerado constante para obtenção do kv. Isso porque apenas a camada de solo residual caracterizado por alteração de rocha e a camada impenetrável à percussão possuem parâmetros de resistência (c' e ø) superiores ao aterro compactado, e estas representam parcela ínfima do solo solicitado considerando a distância de 1,5B do painel.

A partir desses valores-base, procedeu-se à conversão para os coeficientes de mola do painel estrutural, considerando b = 30 cm, B = 11,5 m e fatores de forma $I_{s,b} = I_{s,B} = 0{,}95$ (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de k_v estimados para as camadas de solo.

Solo	kv,b (kN/m³)	b (cm)	B (m)	Is,b	Is,B	kv (kN/m³)
Aterro existente	10.000	30	11,5	0,95	0,95	2.632
Aterro existente	20.000	30	11,5	0,95	0,95	5.264
Aterro compactado	80.000	30	11,5	0,95	0,95	2.087
Aterro compactado	100.000	30	11,5	0,95	0,95	2.609

O método dos valores típicos estima uma faixa de valores plausíveis para os coeficientes de mola das camadas de solo. Desse modo, tanto para o solo homogêneo quanto para o solo heterogêneo, foram feitas duas modelagens para obter as solicitações mais críticas no painel por meio de uma envoltória (Modelos 1 e 2).

Na modelagem do solo homogêneo, foi considerado o menor coeficiente de mola obtido para o aterro compactado (2087 kN/m³) no Modelo 1, enquanto o Modelo 2 considerou o maior coeficiente (2609 kN/m³). Na modelagem do solo heterogêneo, o Modelo 1 considerou o conjunto do menor coeficiente de mola obtido para o aterro compactado (2087 kN/m³) simultaneamente ao maior do aterro existente (5264 kN/m³). No Modelo 2, foi feito o oposto, maior coeficiente para o aterro compactado (2609 kN/m³) e o menor para o existente (2632 kN/m³).

Para selecionar a envoltória correspondente ao cenário crítico, as solicitações obtidas para cada modelo foram comparadas entre si, para cada caso de perfil estratigráfico. A partir dos momentos fletores de maior magnitude, foram calculadas as áreas de aço necessárias para cada faixa do painel.

5 RESULTADOS E CONCLUSÃO

Os valores de armadura de flexão calculados para cada cenário de análise foram registrados na Tabela 4. O método simplificado se aproximou dos métodos de Winkler quando o solo é homogêneo, com uma diferença de cerca de 10% de área total de aço. No caso do solo heterogêneo, as armaduras totais calculadas pelo método simplificado foram aproximadamente 25% inferiores ao método associado à tabela de valores típicos e 30% inferiores ao associado ao módulo de elasticidade estimado do solo.

As armaduras que mais impactaram nessa diferença de resultados entre o método simplificado e os métodos de Winkler, em solo heterogêneo, são as armaduras verticais. O método associado à tabela de valores típicos, em relação ao simplificado, obteve armadura negativa vertical 25% superior e positiva vertical 330% superior. Para o método associado ao módulo de elasticidade estimado, as armaduras negativas e positivas verticais foram superiores em 31% e 440% em relação ao método simplificado, respectivamente.

Tabela 4. Comparação entre os Métodos de Dimensionamento Estrutural à flexão.

Hipótese de modelagem do solo	Método de Dimensionamento	Armadura Calculada Negativa (cm²)		Armadura Calculada Positiva (cm²)		Total (cm²)
		Horizontal	Vertical	Horizontal	Vertical	
Homogêneo/ heterogêneo	Simplificado	121,36	129,98	36,58	32,55	318,47
Homogêneo	Tabela de Valores Típicos	136,03	124,90	18,73	6,14	285,81
	Módulo de Elasticidade Estimado	135,70	124,26	18,17	5,96	284,08
Heterogêneo	Tabela de Valores Típicos	128,79	164,24	24,46	107,72	425,20
	Módulo de Elasticidade Estimado	130,53	170,46	9,93	144,25	455,17

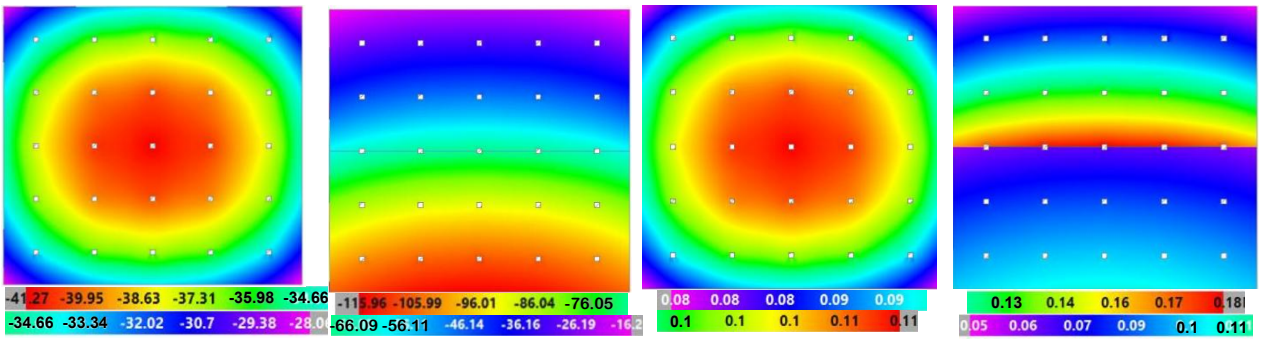
A diferença entre os coeficientes de mola das camadas de solo levou à distribuição de deslocamentos diferenciais de maiores magnitudes ao longo do painel, em relação ao solo homogêneo. As Figuras 7a e 7b, referentes ao método baseado na Hipótese de Winkler associado à elasticidade estimada com a consideração do solo homogêneo e heterogêneo, respectivamente, ilustram tal comportamento.

Os deslocamentos interferem nas pressões de contato com o solo (Figuras 7c e 7d), levando à redistribuição das solicitações ao longo do painel. A uniformidade na distribuição das tensões no solo promove a distribuição de momentos fletores negativos nos tirantes com valores próximos entre si (Figura 8a).

A concentração de tensões mais elevadas na transição das camadas causa a redução do momento fletor negativo vertical no local do pico de tensões, onde o k_v é maior (Figura 8b). Consequentemente, ocorre o aumento da magnitude dos momentos fletores negativos verticais na região onde o k_v é menor (Figura 8b). Em função da redução dos momentos fletores negativos verticais onde existe o pico de tensões no solo, a redistribuição das solicitações promove o aumento dos momentos fletores positivos verticais na região do maior k_v (Figura 8d), o que não ocorre para o solo homogêneo (Figura 8c).

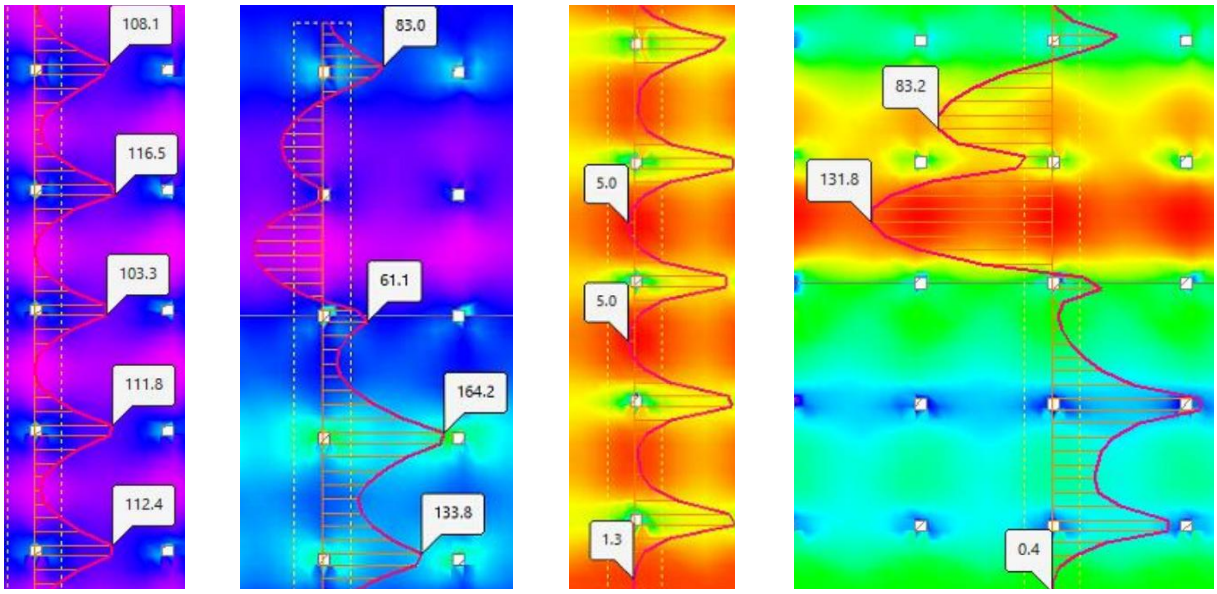
Diante dos resultados obtidos, nota-se que os métodos de dimensionamento obtém diferenças significativas na área de aço obtida, tanto em função dos valores de k_v adotados quanto em função da variação entre diferentes k_v pelo efeito de heterogeneidade do solo. Portanto, destaca-se a importância da realização de ensaios, como o triaxial e o pressiométrico, para que possa haver uma maior confiabilidade no módulo de elasticidade adotado ou no ensaio de placa correlacionado, uma vez que ambos os métodos de Winkler apresentam suas incertezas associadas.

Por fim, este trabalho evidencia a importância da adoção de métodos que considerem a interação solo-estrutura no dimensionamento à flexão de cortinas atirantadas, contribuindo para o aprimoramento dos projetos geotécnicos. Tais metodologias reduzem o risco de subestimação das solicitações atuantes nos painéis e proporcionam maior segurança e confiabilidade às estruturas de contenção.



(a) (b) (c) (d)

Figura 7. Modelos pelo Módulo de Elasticidade Estimado: Deslocamentos (mm) para (a) solo homogêneo e (b) solo heterogêneo; tensões (MPa) para (c) solo homogêneo e (d) solo heterogêneo.



(a) (b) (c) (d)

Figura 8. Momentos fletores (kN.m/m) – Módulo de elasticidade estimado: negativos para (a) solo homogêneo e (b) solo heterogêneo; positivos para (c) solo homogêneo e (d) solo heterogêneo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118. *Projeto de estruturas de concreto - Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

CHAVES, M. B. C. *Dimensionamento geotécnico e estrutural de cortina atirantada: estudo de caso e comparação de métodos de dimensionamento estrutural*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2024.

HACHICH et al. *Fundações: teoria e prática*, 2. Ed. São Paulo, SP. Pini, 1998. ISBN 85- 7266-098-4, 1998.

MORAES, M.C. *Estruturas de fundações*. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.

PERLOFF, W.H. (1975). *Pressure distribution and settlement. In: WINTERKORN, H.F.; FANG, H.Y. Foundation engineering handbook*. New York: Van Nostrand Reinhold; apud Souza e Reis (2008).

Terzaghi, K., Peck, R.B. (1967) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, NY, USA, 685 p.

TEIXEIRA, A. T.; GODOY, N. S. *Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas. Fundação: Teoria e Prática*. São Paulo, SP, PINI, 1996.