



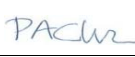




1	08/07/10	E	Para Aprovação		
0	13/10/09	C	Emissão Inicial		
REVISÃO Nº	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES		
Tipo de Emissão	A. Preliminar B. Para Aprovação C. Para Conhecimento	D. Para Cotação E. Para Construção F. Conforme Comprado	G. Conforme Construído H. Cancelado I. De Trabalho		
 ENGECORPS corpo de engenheiros consultores					
PROJETO:	HN 	LHFM 	DATA: 13/10/09		
PROJETISTA:	-		DATA: 13/10/09		
VERIFICAÇÃO:	ACMM  PACL 		DATA: 13/10/09		
APROVAÇÃO:	MOG 		DATA: 13/10/09		
 MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO COM BACIAS HIDROGRÁFICAS DO NORDESTE SETENTRIONAL					
ACOMPANHAMENTO TÉCNICO DAS OBRAS (ATO) - LOTE A					
RELATÓRIO DE ATIVIDADES - ATO OBRAS CIVIS – ATIVIDADES DE CAMPO E ESCRITÓRIO PERÍODO DE 01/09/09 A 30/09/09					
	DATA	RUBRICA	APROVAÇÃO	DATA	RUBRICA
PROJETISTA			Logos-Concremat		
DESENHISTA			Logos-Concremat		
VERIFICADO					
			CLIENTE		
ESCALA	DOCUMENTO Nº PROJETISTA: 885-MIN-ISF-RT-A0035 CLIENTE: 1210-REL-1051-00-40-018				REVISÃO 1

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

MI

**Projeto de Integração do Rio São Francisco
com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

ATO – Acompanhamento Técnico das Obras

***RELATÓRIO DE ATIVIDADES – ATO
OBRAS CIVIS – ATIVIDADES DE CAMPO E
ESCRITÓRIO
PERÍODO DE 01/09/09 A 30/09/09***

885-MIN-ISF-RT-A0035
1210-REL-1051-00-40-018
Julho/2010
Rev. 1

ÍNDICE

	PÁG.
1. OBJETIVO	3
2. ATIVIDADES DE CAMPO E DE ESCRITÓRIO – COMENTÁRIOS E AÇÕES SOBRE OS ASSUNTOS CONSULTADOS	3
2.1 INTRODUÇÃO	3
2.2 SITUAÇÃO GERAL DE ANDAMENTO DAS OBRAS	3
2.3 ASSUNTOS TRATADOS E COMENTÁRIOS CORRESPONDENTES	5
3. RECURSOS UTILIZADOS NOS TRABALHOS DE ATO	6
3.1 DESPESAS DIRETAS	6
ANEXO I - DOCUMENTOS EMITIDOS NO PERÍODO	9

1. OBJETIVO

Este relatório tem por objeto o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional – Projeto Executivo do Trecho I e por objetivo a apresentação das principais atividades relativas aos serviços de ATO, realizadas em campo e no escritório, no período compreendido entre os dias 01/09/09 e 30/09/09.

A solicitação para a disponibilização do ATO foi realizada na reunião de 11/02/09 – Agenda Positiva dos Lotes 1, 2 e 7, e prorrogada na reunião do dia 28/04/09. Na carta nº 1210-CAR-1001-00-00-054 (EGC-043/09) foi apresentada a programação das atividades de ATO.

Na carta nº 1210-CAR-1001-072 (EGC-091/09), enviada pela ENGECORPS na reunião de Agenda Positiva nº 5, em 24/07/09, está apresentada uma reprogramação dos trabalhos de ATO para o Lote A, com solicitação de prorrogação de prazo e aditamento de valor contratual.

2. ATIVIDADES DE CAMPO E DE ESCRITÓRIO – COMENTÁRIOS E AÇÕES SOBRE OS ASSUNTOS CONSULTADOS

2.1 INTRODUÇÃO

As atividades de campo do ATO realizadas no período compreendem contatos com as equipes da Supervisora e do Consórcio Construtor, além de vários contatos telefônicos e inspeções diárias nos locais das obras. Ao longo do período em questão foram discutidos vários assuntos e aspectos referentes aos projetos emitidos para o Lote A, tanto para adaptação da concepção prevista em projeto quanto para estudo de concepções alternativas àquelas apresentadas pela Projetista.

As atividades de escritório de ATO compreendem as análises das solicitações da Supervisora e do Consórcio Construtor, envolvendo a equipe técnica de escritório e consultores, quando necessário, além de reuniões internas e vários contatos telefônicos.

No Anexo I deste relatório está apresentado, na forma de uma tabela, o controle das principais solicitações encaminhadas pela Supervisora e os atendimentos realizados pela ENGECORPS.

Foram vistoriadas as obras do Lote A, durante o mês de setembro de 2009, pelo engenheiro de ATO da ENGECORPS (Eng. Luis Mouraria), nos períodos de 01/09/09 a 14/09/09 e de 15/09/09 a 25/09/09.

2.2 SITUAÇÃO GERAL DE ANDAMENTO DAS OBRAS

De maneira geral, o andamento da construção dos trechos dos canais, túneis, aquedutos e barragens pode ser sintetizado da seguinte forma:

- a) Trecho CN-01 – a concretagem encontra-se concluída desde a EB-1 até a estaca 225 (antes do cruzamento com a rodovia BR-428) e da estaca 235 (após o cruzamento com

a rodovia BR-428) até a estaca 400. O sub-trecho que vai da estaca 400 até a barragem de Tucutu encontra-se em preparo para concretagem. Todos os bueiros do trecho CN-01 estão concluídos.

- b) Trecho CN-02 – foi realizada a concretagem do revestimento do canal entre as estacas 601 e 720. Estão em execução as escavações e os aterros do trecho restante até o Aqueduto Logradouro. Todos os bueiros do trecho CN-02 encontram-se concluídos.
- c) Trecho CN-03 – foram executados os aterros e as escavações entre as estacas 860 e 1100, além de estarem concluídos todos os bueiros do trecho CN-03. Foi iniciada a concretagem do canal a partir da estaca 890 em direção ao Aqueduto Saco da Serra.
- d) Trecho CN-04 – foram executados os aterros e as escavações entre as estacas 1200 e 1500. Todos os bueiros do trecho CN-04 estão concluídos. O emboque para o Túnel Angico está em execução.
- e) Túnel Angico – as escavações do emboque deste túnel estão em andamento.
- f) Trecho CN-05 – foram executados os aterros e as escavações entre as estacas 1560 e 2050. Também foi realizada a readequação dos bueiros B002, B008 e B009 deste trecho.
- g) Trecho CN-06 – continuam em andamento as obras de aterros e escavações.
- h) Trecho CN-07 – estão em andamento inicial as obras de aterros e escavações. Nesse trecho ocorre a interseção com uma lagoa, próximo à estaca 2250, assunto este já analisado em campo e no escritório da ENGECORPS, tendo sido emitida a Nota de Obra 009 propondo uma solução para a travessia desse local.
- i) Trecho CN-08 – foram iniciadas as escavações a partir da estaca 2425.
- j) Trecho CN-09 – foram iniciadas as escavações a partir da estaca 2625.
- k) Trecho CN-10 – foram executados os aterros e as escavações entre as estacas 2820 e 3480, além de 5 bueiros deste trecho em seção circular.
- l) Aqueduto Logradouro – estão concluídas as concretagens de 6 dos 8 pilares. Os aterros de encontro foram parcialmente executados.
- m) Aqueduto Saco da Serra – estão em andamento as concretagens dos 10 pilares. Os aterros de encontro foram parcialmente executados.
- n) Aqueduto Salgueiro – estão sendo construídos os aterros de encontro deste aqueduto, em enrocamento compactado. As fundações desse aqueduto ainda não foram iniciadas, nem nas suas escavações.

- o) Barragem de Serra do Livramento – foram iniciados os trabalhos de escavação das fundações do maciço da barragem.

2.3 ASSUNTOS TRATADOS E COMENTÁRIOS CORRESPONDENTES

- a) Assunto – a Supervisora solicitou à ENGEORPS, através de email, as vazões calculadas para os trechos dos canais CN-08 a0 CN-12.

Resposta – a ENGEORPS enviou as planilhas com os valores das vazões calculadas para os trechos CN-09, CN-10 e CN-11, sendo que para os trechos CN-08 e CN-12 não há necessidade, visto que nesses dois trechos o canal é inteiramente implantado em corte.

- b) Assunto – a Supervisora solicitou à ENGEORPS uma análise dos desenhos elaborados pelo CCASF relativos à implantação dos bueiros B-001 e B-004 do trecho de canal CN-10.

Resposta – a ENGEORPS enviou por email os comentários a respeito dos desenhos dos bueiros 1714-B-001 e 1714-B-004 (trecho de canal CN-10), que estão indicados em manuscrito vermelho no desenho do bueiro 1714-B-004. Tais comentários dizem respeito aos detalhes das obras de entrada e de saída desses bueiros, como por exemplo: implantar uma valeta de crista de corte e uma escada hidráulica na entrada, uma proteção dos taludes na saída (em função das velocidades, se necessário). Cabe ressaltar que os comentários feitos no desenho do bueiro 1714-B-004 devem ser adotados também para o bueiro 1714-B-001.

A ENGEORPS solicitou que seja apresentado pelo CCASF o detalhamento (ou especificação) para o tratamento das juntas nas estruturas de entrada e de saída, assim como entre os tubos de concreto. Sugere-se que o rejuntamento seja executado com argamassa de cimento e areia, traço 1:3 (volume), de consistência seca.

As velocidades deverão ser verificadas e apresentadas em uma memória de cálculo que contemple as condições de entrada do escoamento e também as características de saída do mesmo. Caso seja necessário o uso de dissipador de energia na saída da tubulação, este deverá seguir o projeto original.

- c) Assunto – a Supervisora solicitou à ENGEORPS uma análise da possibilidade de junção dos dois bueiros situados próximo à estaca 3193 (trecho de canal CN-10).

Resposta – a ENGEORPS considera que a junção das entradas dos dois bueiros situados próximo à estaca 3193, para conduzir o fluxo d'água em uma única tubulação, não é recomendável em função do elevado volume de escavação que resultará dessa alternativa.

- d) Assunto – a Supervisora solicitou à ENGEORPS uma análise da otimização da utilização de material de 3ª categoria no maciço em aterro dos canais, em função da maior disponibilidade desse tipo de material.

Resposta – a ENGEORPS emitiu em setembro/09 a Nota Técnica: Lotes 1 e 2 – Trechos em Aterro dos Canais – Utilização de Material de 3ª Categoria (documento 1201-NTC-1201-00-

40-008), referente à otimização da utilização de material de 3ª categoria. A análise em questão foi embasada em estudos tensão x deformação, realizados através do software SLIDE, buscando-se a obtenção dos máximos valores dos deslocamentos para algumas alternativas de zoneamento da seção transversal em materiais de 1ª/2ª categoria (solo compactado) e de 3ª categoria (enrocamento compactado). Esta Nota Técnica está apresentada no Anexo I.

Essa Nota Técnica complementa a Nota de Obra 1201-NT0-007-R00, emitida em agosto/09, e é acompanhada de um desenho de seção típica do canal em aterro, no qual são indicadas as distâncias mínimas de afastamento do talude interno do canal e de afastamento vertical sob a crista (berma) que deverão ser respeitadas para a máxima utilização possível de enrocamento compactado nos trechos em aterro dos canais.

e) Assunto – a Supervisora solicitou uma análise da locação prevista no projeto para o bueiro B002, situado no trecho de canal CN-06.

Resposta – a ENGEORPS emitiu a Nota de Obra 1201-NT0-008-R00, referente à alteração da locação do bueiro B002, do trecho de canal CN-06. Esta Nota de Obra está apresentada no Anexo I.

f) Assunto – a Supervisora solicitou à ENGEORPS uma análise do trecho de canal CN-07, onde ocorre a interseção com uma lagoa, próximo à estaca 2250 e estava prevista também a implantação de um bueiro, para a proposição de uma solução para a travessia desse local.

Resposta – a ENGEORPS realizou um estudo de alternativas para esse local, situado na travessia de um braço do Rio Terra Nova, e emitiu um detalhamento do projeto, através do desenho 1210-DEP-1211-04-02-004, no qual é apresentada uma consolidação do traçado do canal CN-07, tendo sido feito um deslocamento geométrico do seu eixo em planta, no sub-trecho compreendido entre as estacas 2220 e 2275, além da alteração da posição dos bueiros B-004 e B-005. Esta adequação foi necessária em função da travessia de um lago existente.

Todas essas alterações estão consolidadas, de forma sucinta, na Nota de Obra 1201-NT0-009-R00, que se encontra apresentada no Anexo I.

g) Assunto – aterros de encontro dos aquedutos.

Resposta – a ENGEORPS orientou verbalmente a respeito da execução dos aterros de encontro dos aquedutos, conforme estabelecido na Nota de Obra 1201-NT0-006-R00, já emitida anteriormente.

3. RECURSOS UTILIZADOS NOS TRABALHOS DE ATO

3.1 DESPESAS DIRETAS

No Quadro 3.1 é apresentado o detalhamento das despesas diretas, correspondentes aos recursos humanos envolvidos, somente para as atividades de ATO do Lote A, sendo que as

despesas relativas às revisões de desenhos são de responsabilidade da Projetista. Também deve ser observado que as despesas referentes ao ATO dos trabalhos do Exército são computadas separadamente daquelas do ATO do Lote A.

3.2 Despesas Indiretas

No Quadro 3.1 também são apresentadas as despesas indiretas, correspondentes às diárias de estadia, locação de veículo médio e passagens.



QUADRO 3.1
PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO - LOTE A - ATO
DETALHAMENTO DAS DESPESAS DE ATO

Nome	Categoria	Local	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	horas	h/mês
Paulo Afonso de Cerqueira Luz	P1	Campo																															0,0	0
		Escritório	4,0	4,0	4,0	4,0					4,0	4,0	4,0	4,0			4,0	4,0	4,0	4,0	4,0			4,0	4,0	4,0	4,0	4,0			4,0	4,0	4,0	84,0
Luis Honorato Ferreira Mouraria	P1	Campo	4,0	4,0	4,0	8,0											8,0	4,0	4,0	4,0	4,0		4,0	4,0	4,0	4,0							60,0	0,3409
		Escritório									8,0	4,0	4,0	8,0			8,0											8,0			4,0	4,0	8,0	56,0
Hiromiti Nakao	P1	Campo																															0,0	0
		Escritório	4,0		4,0						4,0		4,0					4,0		4,0					4,0		4,0				4,0		36,0	0,2045
Claudio Michel Nahas	P1	Campo																															0,0	0
		Escritório	4,0			4,0							4,0				2,0			2,0				4,0			4,0			4,0			28,0	0,159
Ary Paulo Rodrigues	P1	Campo																															0,0	0
		Escritório		4,0		4,0							4,0				4,0			4,0				4,0			4,0			4,0			32,0	0,1818
Ruy Komei Tezuka Calçada	P1	Campo																															0,0	0
		Escritório				4,0					2,0			4,0				2,0		4,0						2,0		4,0			4,0		2,0	28,0
Técnico T1	T1	Campo																															0,0	0
		Escritório			4,0								4,0					4,0								4,0					4,0		20,0	0,1136
Técnico T2	T2	Campo																															0,0	0
		Escritório		4,0									4,0					4,0		4,0				4,0			4,0			4,0			28,0	0,159
Total		Campo	4,0	4,0	4,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	4,0	4,0	4,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		60,0	0,3409
		Escritório	12,0	12,0	12,0	16,0	0,0	0,0	0,0	18,0	8,0	28,0	16,0	0,0	0,0	18,0	12,0	10,0	18,0	8,0	0,0	0,0	0,0	16,0	8,0	6,0	24,0	16,0	0,0	0,0	24,0	16,0		312,0
																												Total P1		324,0	1,8409			
																												Total T1		20,0	0,1136			
																												Total T2		28,0	0,159			
DESPESAS INDIRETAS																												TOTAL DIA/UNID.		TOTAL MÊS				
Aluguel de Carro		diária	1	1	1	1											1	1	1	1				1	1	1							11	0,3666
Estadia		dia	1	1	1	1											1	1	1	1				1	1	1							11	0,3666
Passagem		unid.															1																1	1

Projetista	Data
ENGEORPS - Corpo de Engenheiros Consultores	
Marcos Oliveira Godoi	

Gerenciadora	Data
Logos-Concremat	

Contratante	Data
Ministério da Integração Nacional	

ANEXO I

DOCUMENTOS EMITIDOS NO PERÍODO

Anotações:

A ENGE CORPS apresenta através desta Nota de Obra redefinição da locação do bueiro B-02 do CN 06 da estaca 2109+10 para a estaca 2112+10.

Esta redefinição não altera as características geométricas e estruturais do bueiro,devendo ser observada em campo a cota para implantação da soleira da ala de montante e mantida a declividade de projeto.

Ver desenhos 1210-DEP-1710-70-31-002 R0B

1210-DEP-1710-04-02-002 R01

Croqui



ENGEACORPS
corpo de engenheiros consultores

CONTRATO Nº 30/2007

Projeto de Integração do Rio São Francisco

Projeto Executivo – Lote A

ATO – Nota de Obra

1210-NT0-008-R00

Assunto: CANAL 1210 – CN 06 – RELOCAÇÃO DE BUEIRO

data: 21/09/09

Anotações:

Responsável: LUÍS HONORATO F. MOURARIA

**Assunto: CANAL 1211 CN 07 CONSOLIDAÇÃO DO
TRAÇADO/RELOCAÇÃO DE BUEIROS**

data: 21/09/09

Anotações:

A ENGEACORPS executou a consolidação do traçado do canal 1211 (CN 07) entre as estacas 2220 e 2275.

Foram relocados os bueiros B-04 e B-05 conforme croqui anexo.

Deverão ser consultados os desenhos:

1210-DEP-1211-04-02-004 R0

1210-DEP-1211-04-02-003 R2

1210-DEP-1711-04-02-003 R2 e

1210-DEP-1201-20-26-014 R2



ENGEACORPS
corpo de engenheiros consultores

CONTRATO Nº 30/2007

Projeto de Integração do Rio São Francisco

Projeto Executivo – Lote A

ATO – Nota de Obra

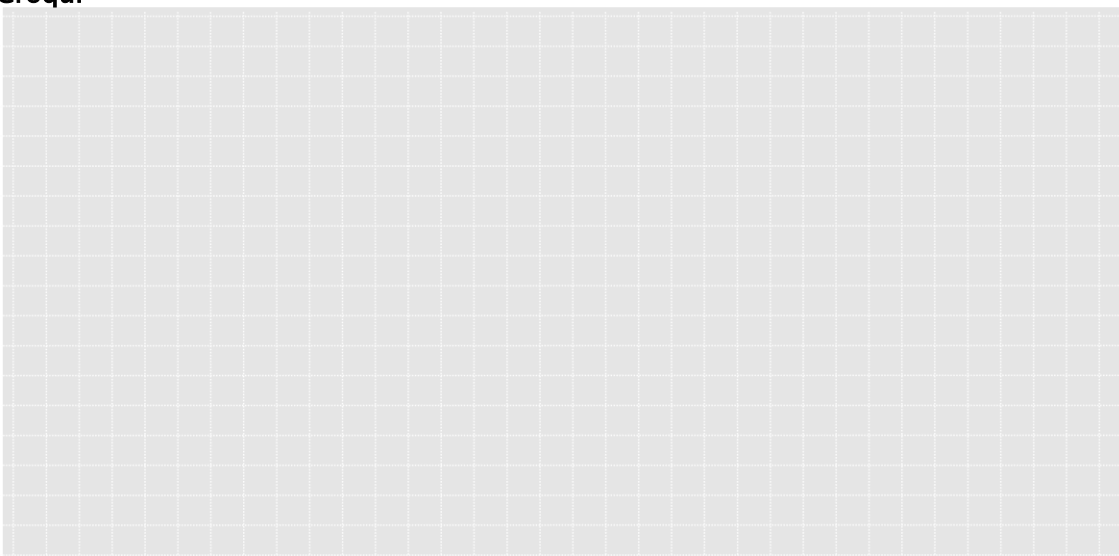
1210-NT0-009-R00

**Assunto: CANAL 1211 CN 07 CONSOLIDAÇÃO DO
TRAÇADO/RELOCAÇÃO DE BUEIROS**

data: 21/09/09

Anotações:

Croqui



Responsável: LUÍS HONORATO F. MOURARIA

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

MI

**Projeto de Integração do Rio São Francisco
com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional**

ATO – Acompanhamento Técnico das Obras

NOTA TÉCNICA – ATO OBRAS CIVIS

LOTES 1 E 2 – TRECHOS EM ATERRO DOS CANAIS – UTILIZAÇÃO DE MATERIAL DE 3ª CATEGORIA

885-MIN-ISF-NT-A0028
1210-NTC-1201-00-40-008
Setembro/2009
Rev. 0

ÍNDICE

	<i>PÁG.</i>
1. <i>OBJETIVO</i>	3
2. <i>HISTÓRICO</i>	3
3. <i>ESTUDOS E ANÁLISES REALIZADOS</i>	4
4. <i>RESULTADOS OBTIDOS</i>	5
5. <i>CONCLUSÕES</i>	6
<i>ANEXO I - RESULTADOS DAS ANÁLISES TENSÃO X DEFORMAÇÃO REALIZADAS</i>	9

1. OBJETIVO

Esta nota técnica tem por objeto o Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias do Nordeste Setentrional – Projeto Executivo do Trecho I e por objetivo a apresentação das análises realizadas, dentro do escopo dos serviços de ATO, para a ampliação da utilização de material de 3ª categoria nos trechos em aterro dos canais dos Lotes 1 e 2.

A solicitação para esta análise foi feita pela Supervisora dos Lotes 1 e 2 (Sondotécnica).

2. HISTÓRICO

O projeto dos trechos em aterro dos canais dos Lotes 1 e 2 foi elaborado pela ENGECORPS e apresentado em vários desenhos (implantação, geotecnia/geologia, seções típicas e seções geométricas). Em particular, os desenhos de seções típicas em aterro são os seguintes:

- a) 1210-DEP-1205-04-46-001 – Canal CN-01 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- b) 1210-DEP-1206-04-46-001 – Canal CN-02 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- c) 1210-DEP-1207-04-46-001 – Canal CN-03 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- d) 1210-DEP-1208-04-46-001 – Canal CN-04 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- e) 1210-DEP-1209-04-46-001 – Canal CN-05 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- f) 1210-DEP-1210-04-46-001 – Canal CN-06 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- g) 1210-DEP-1211-04-46-001 – Canal CN-07 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- h) 1210-DEP-1212-04-46-001 – Canal CN-08 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- i) 1210-DEP-1213-04-46-001 – Canal CN-09 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- j) 1210-DEP-1214-04-46-001 – Canal CN-10 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- k) 1210-DEP-1215-04-46-001 – Canal CN-11 – Canal em Aterro – Seções Típicas
- l) 1210-DEP-1216-04-46-001 – Canal CN-12 – Canal em Aterro – Seções Típicas

Nesses desenhos, as seções típicas dos canais em aterro são indicadas para execução em material de 1ª ou 2ª categoria compactado, com parte da seção transversal zoneada com a utilização de material de 3ª categoria.

Porém, pode-se realizar uma ampliação da utilização de material de 3ª categoria nos trechos em aterro dos canais, conforme é citado na nota 20 dos desenhos anteriormente mencionados: *“Em sub-trechos onde for constatada maior disponibilidade de material de 3ª categoria, poderá ser adotada seção alternativa, mediante verificações complementares e aprovação da*

Fiscalização, na qual seja privilegiado o aproveitamento de material de 3ª em relação aos materiais de 1ª e 2ª categoria.”

Esta nota técnica tem por objetivo justamente a apresentação das análises realizadas para a ampliação da utilização de material de 3ª categoria, nos trechos em aterro dos canais dos Lotes 1 e 2, em função da maior disponibilidade desse tipo de material.

3. ESTUDOS E ANÁLISES REALIZADOS

Para o presente estudo foram realizadas várias análises de tensão x deformação, para diferentes zoneamentos da seção transversal em relação ao material de 3ª categoria. Também foi realizada uma análise paramétrica, variando-se os valores dos módulos de elasticidade dos materiais de 1ª/2ª categoria (solo – aterro compactado) e de 3ª categoria (enrocamento compactado).

A seção típica analisada é apresentada na Figura 3.1, de forma ilustrativa, apresentando o modelo utilizado e suas principais dimensões.

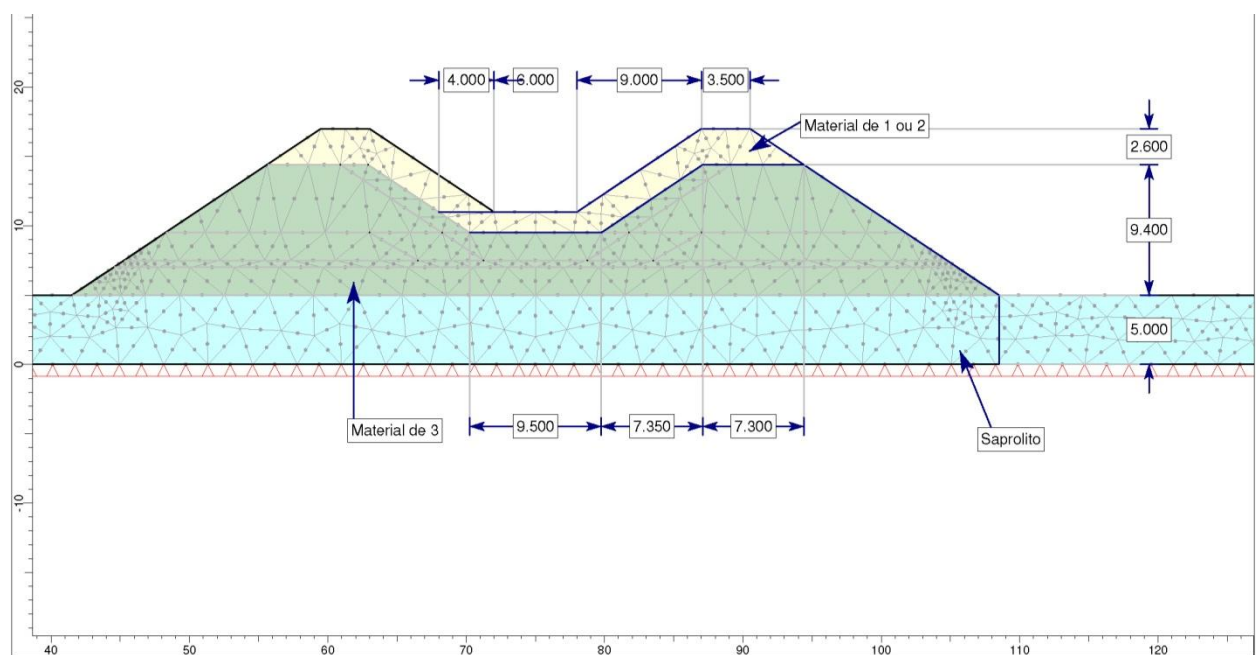


Figura 3.1 – Modelo adotado – Seção típica e suas principais dimensões

O objetivo primordial das análises realizadas diz respeito a verificação da magnitude dos deslocamentos gerados, em função de duas condições de contorno básicas: o zoneamento da seção transversal em materiais de 1ª/2ª categoria (solo compactado) e de 3ª categoria (enrocamento compactado) e a variação dos valores dos módulos de elasticidade dos materiais (que busca simular o efeito da qualidade e da eficiência da compactação dos mesmos).

Os deslocamentos gerados (magnitude e localização dos mesmos) deverão ser avaliados no tocante a potenciais danos no revestimento dos canais (essencialmente na geomembrana).

Deve-se observar que possíveis danos à geomembrana poderiam comprometer em definitivo a estanqueidade dos canais e trazer prejuízos irreversíveis ao PISF como um todo.

Os parâmetros adotados para os materiais solo e enrocamento estão apresentados no Quadro 4.1. Para a fundação em saprolito foi adotado um módulo de elasticidade de 300 MPa. Todos os materiais foram admitidos como elasto-plásticos perfeitos.

As análises foram efetuadas através do software PHASE², versão 7, desenvolvido pela Rocscience (Canadá). Trata-se de um programa de elementos finitos baseado em análises bidimensionais, com materiais elasto-plásticos, para o cálculo de tensões e deslocamentos. De maneira simplificada, o modelo adotado avaliou os deslocamentos resultantes das tensões geradas no maciço e na fundação do aterro em uma única fase de implantação, isto é, não foram consideradas as fases construtivas e, portanto, não foram analisados os deslocamentos resultantes de diferentes fases de carregamento.

O estudo consistiu na verificação do máximo deslocamento para diversos cenários, nos quais a geometria do modelo (seção transversal típica analisada) foi mantida, tendo sido alterados os valores dos módulos de elasticidade dos materiais denominados **solo** e **enrocamento**.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos a partir das análises realizadas, traduzidos na forma dos deslocamentos verticais máximos, calculados em função dos valores dos módulos de elasticidade empregados, estão apresentados de forma sintetizada no Quadro 4.1.

Tais resultados obtidos também estão representados graficamente pela Figura 4.1.

QUADRO 4.1
DESLOCAMENTOS RESULTANTES X MÓDULOS DE ELASTICIDADE

Enrocamento E (MPa)	Deslocamento Vertical Máximo (m)		
	Solo E = 15 MPa	Solo E = 20 MPa	Solo E = 32 MPa
25	0,01001	0,00993	0,00991
50	0,00589	0,00562	0,00534
75	0,00458	0,00422	0,00390
100	0,00393	0,00356	0,00318
125	0,00356	0,00323	0,00276
150	0,00333	0,00296	0,00254

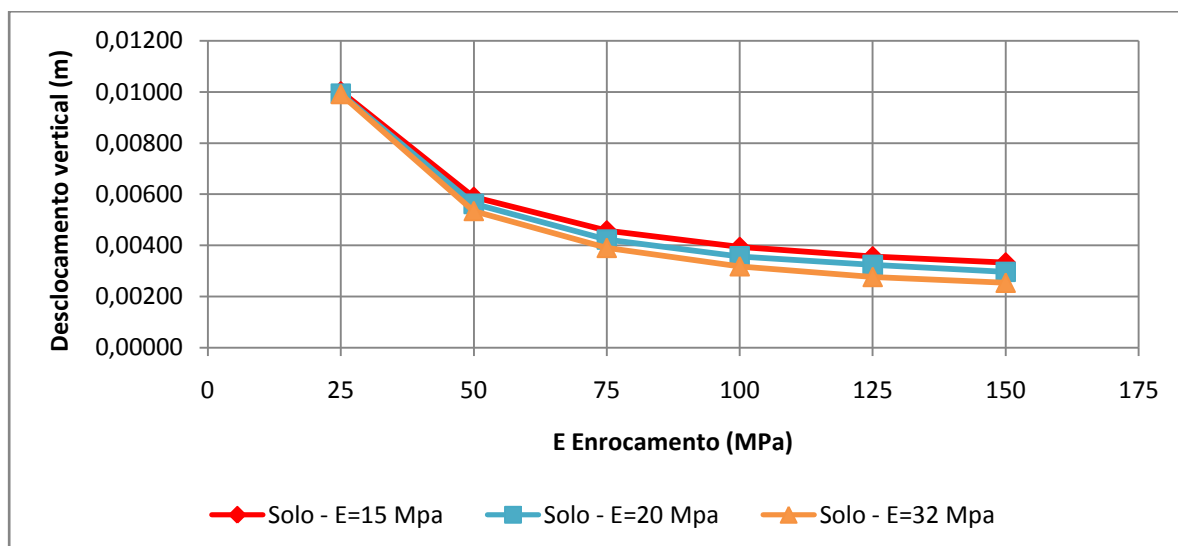


Figura 4.1 – Deslocamentos verticais em função do módulo de elasticidade dos materiais

Os resultados obtidos nas várias análises realizadas podem ser visualizados nas seções transversais apresentadas no Anexo I.

5. CONCLUSÕES

Para a correta interpretação dos resultados é importante ressaltar que os valores dos deslocamentos são positivos em virtude do sistema de referência adotado (deslocamentos para baixo são representados por valores positivos). Portanto, os valores mais próximos de zero são aqueles que correspondem aos menores deslocamentos.

O estudo realizado permite concluir que a trajetória dos deslocamentos em função do incremento do módulo de elasticidade do enrocamento apresenta um aspecto assintótico, quando os valores do mesmo se aproximam de 150 MPa.

Além disso, outros aspectos merecem destaque:

- ✓ A variação do módulo de elasticidade do solo apresenta menor impacto nos resultados.
- ✓ É sensível a variação dos deslocamentos para a primeira faixa de módulos adotados para o enrocamento compactado (25, 50 e 75 MPa). Este aspecto reforça a necessidade da execução de uma compactação de boa qualidade no enrocamento, com aplicação de energia adequada.
- ✓ Os deslocamentos verticais máximos obtidos para as hipóteses assumidas são da ordem de 1,0 cm, ocorrendo junto à crista dos aterros (vide ilustrações no Anexo I).

Os resultados obtidos permitem concluir que a magnitude e a posição dos maiores deslocamentos não resultarão em esforços adicionais às geomembranas, que comprometam sua integridade e a função de estanqueidade do revestimento, admitindo as hipóteses aqui estabelecidas, nomeadamente as relativas à geometria da seção e ao zoneamento e compactação dos materiais.

A Figura 5.1 apresenta a seção analisada com o correspondente zoneamento dos materiais envolvidos. Para os trechos dos canais em aterro, cuja crista (berma) seja rebaixada em 0,50 m, permanecem válidos os comentários sobre os resultados obtidos.



ANEXO I

RESULTADOS DAS ANÁLISES TENSÃO X

DEFORMAÇÃO REALIZADAS

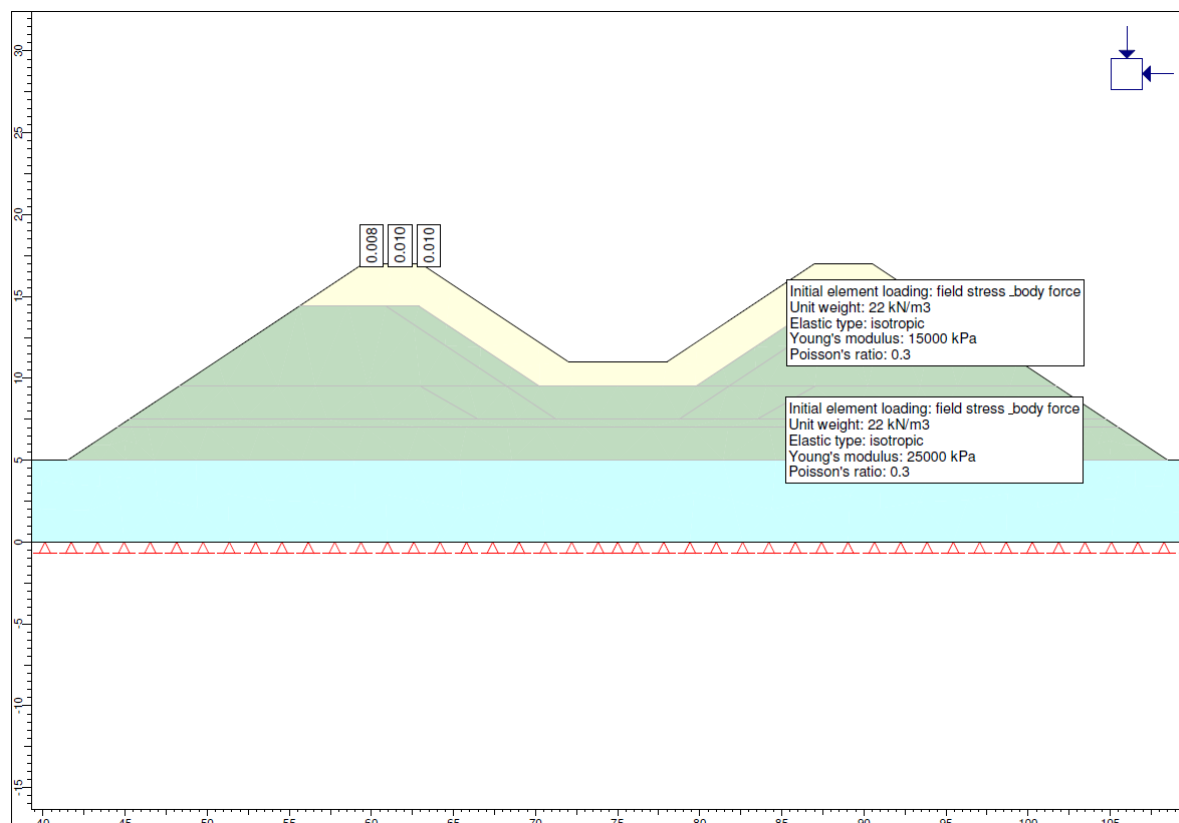


Figura 1 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (25 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

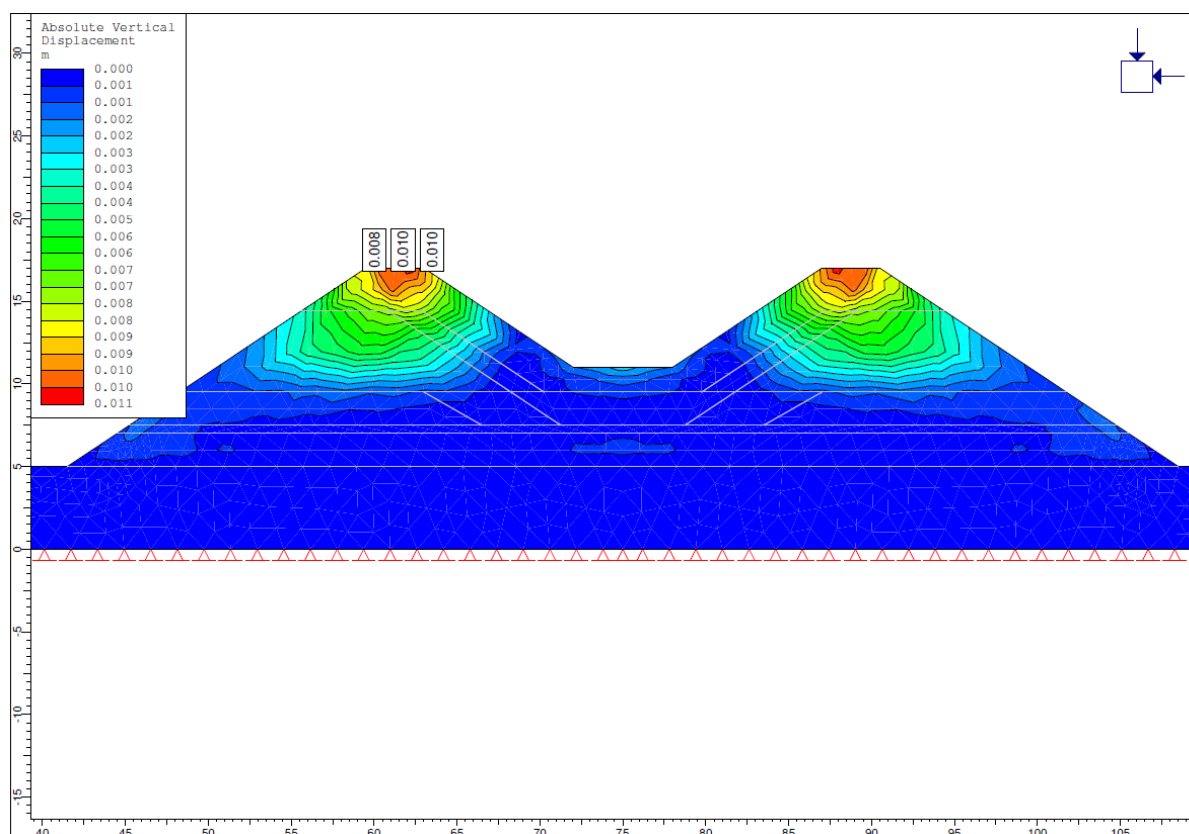


Figura 2 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (25 MPa) – Isodeslocamentos

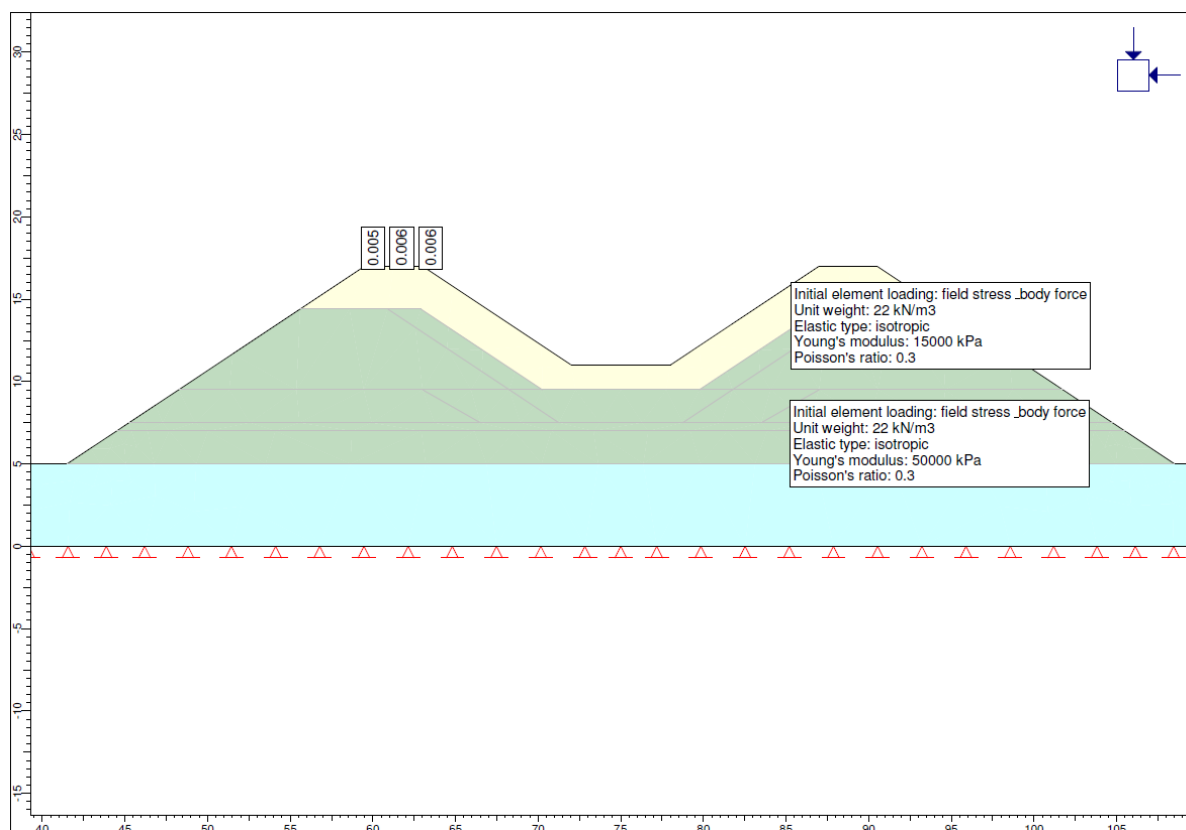


Figura 3 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (50 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

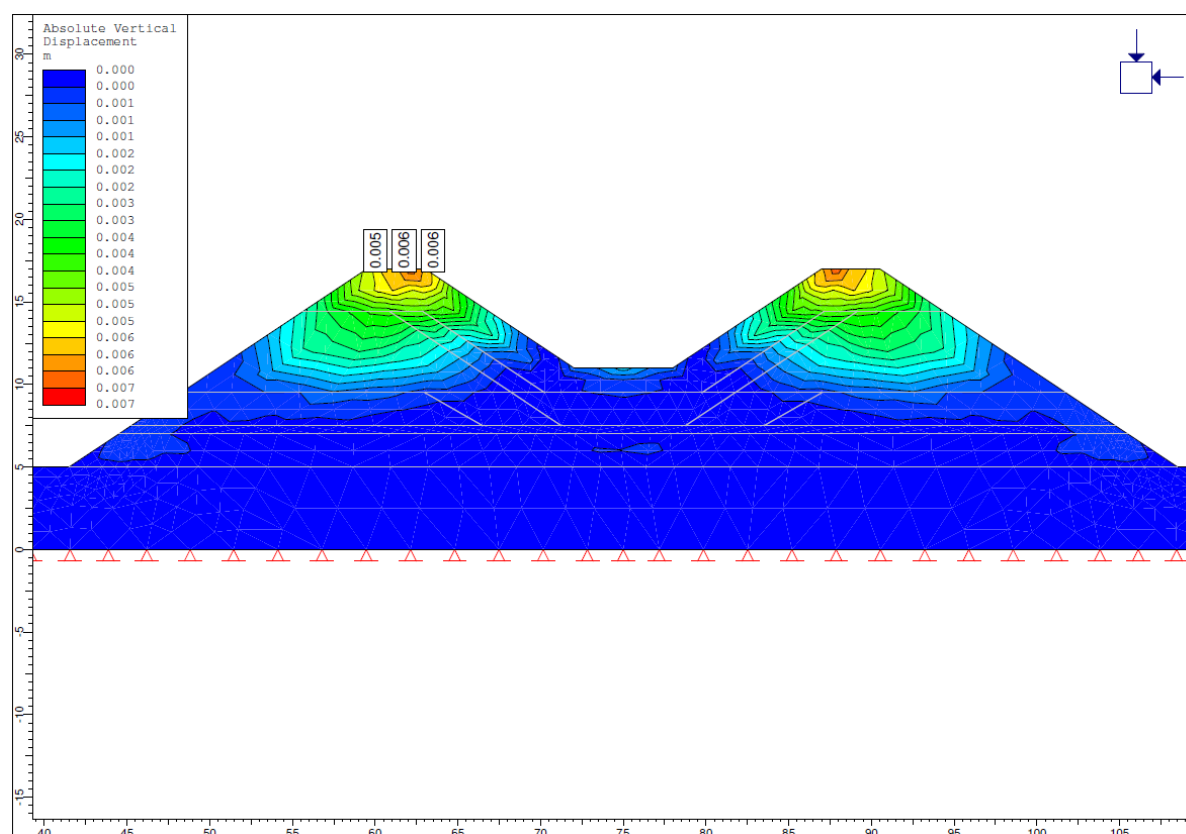


Figura 4 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (50 MPa) - – Isodeslocamentos

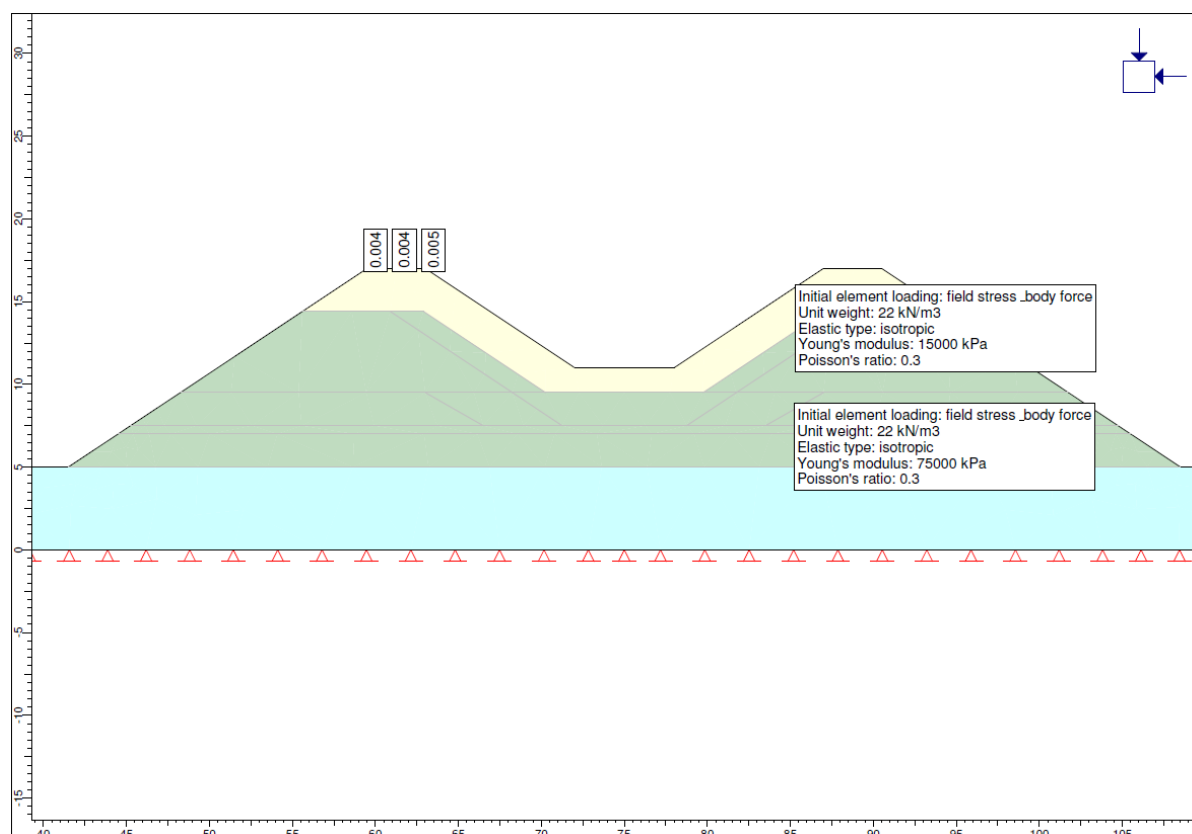


Figura 5 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (75 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

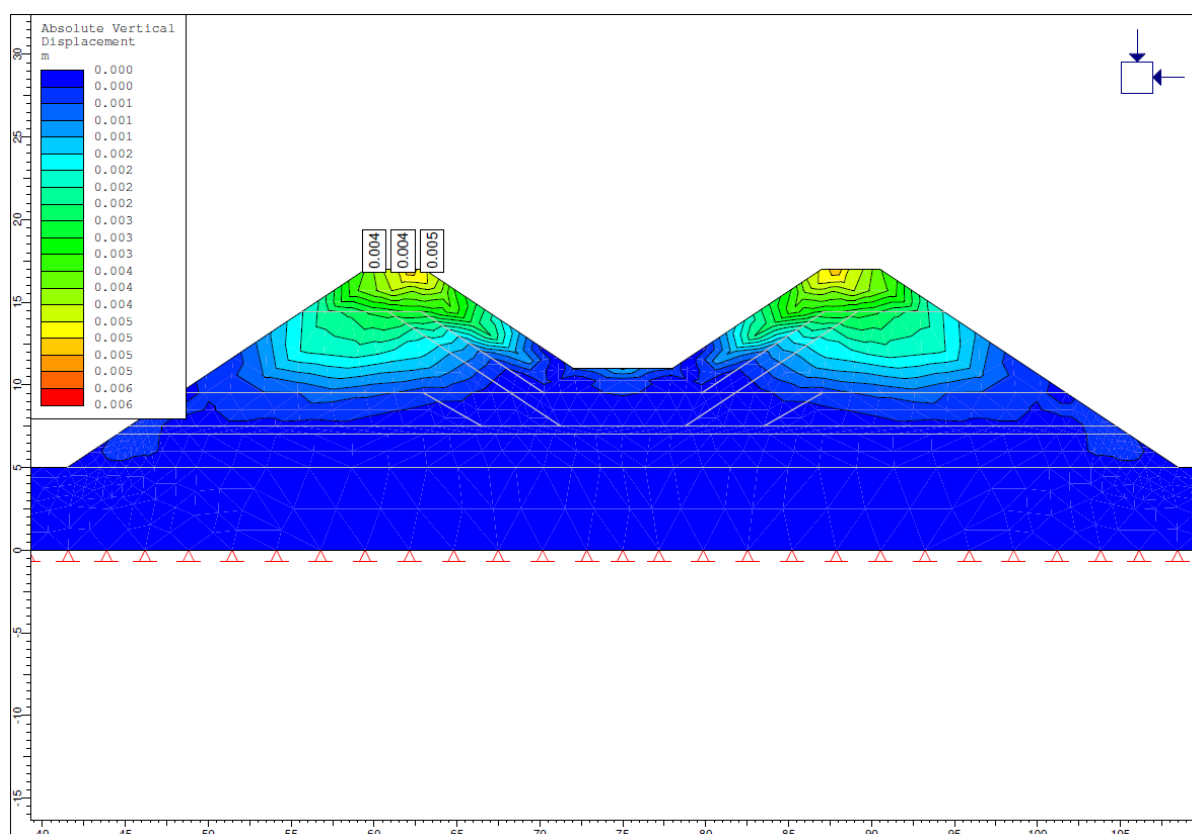


Figura 6 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (75 MPa) – Isodeslocamentos

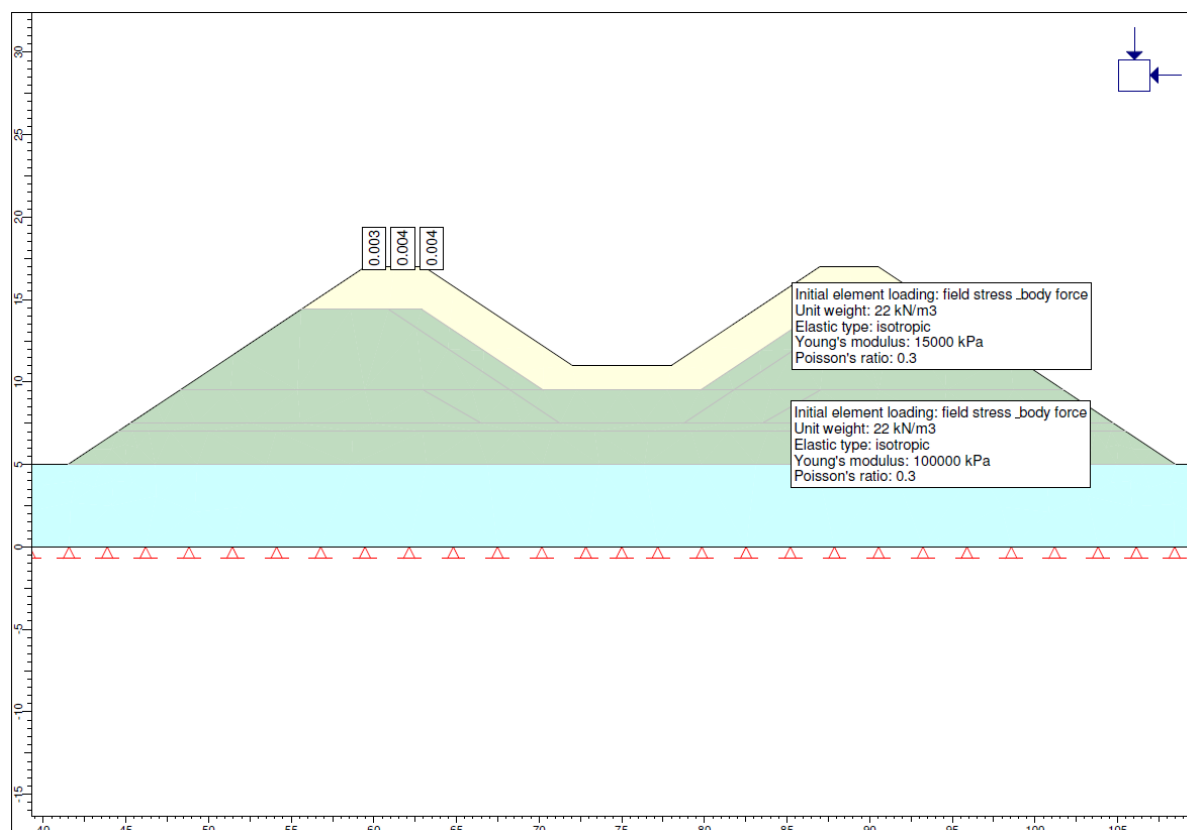


Figura 7 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (100 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

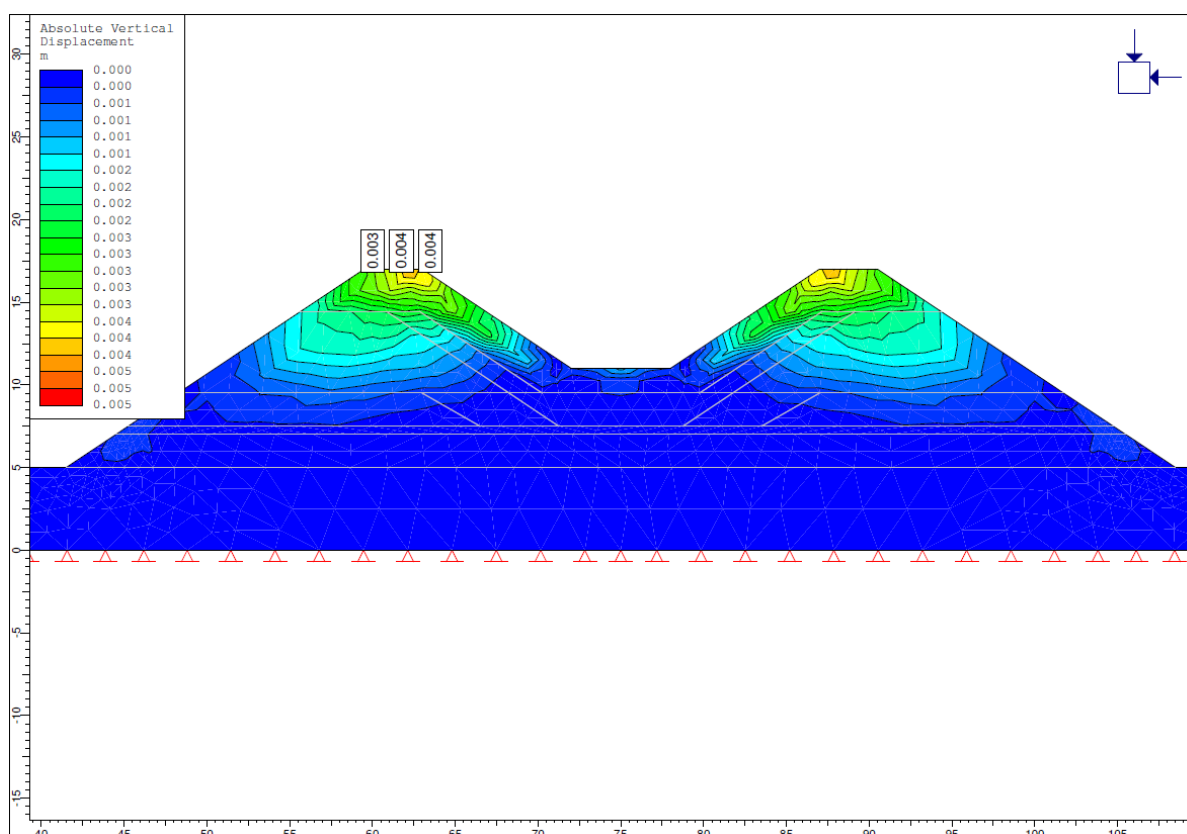


Figura 8 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (100 MPa) – Isodeslocamentos

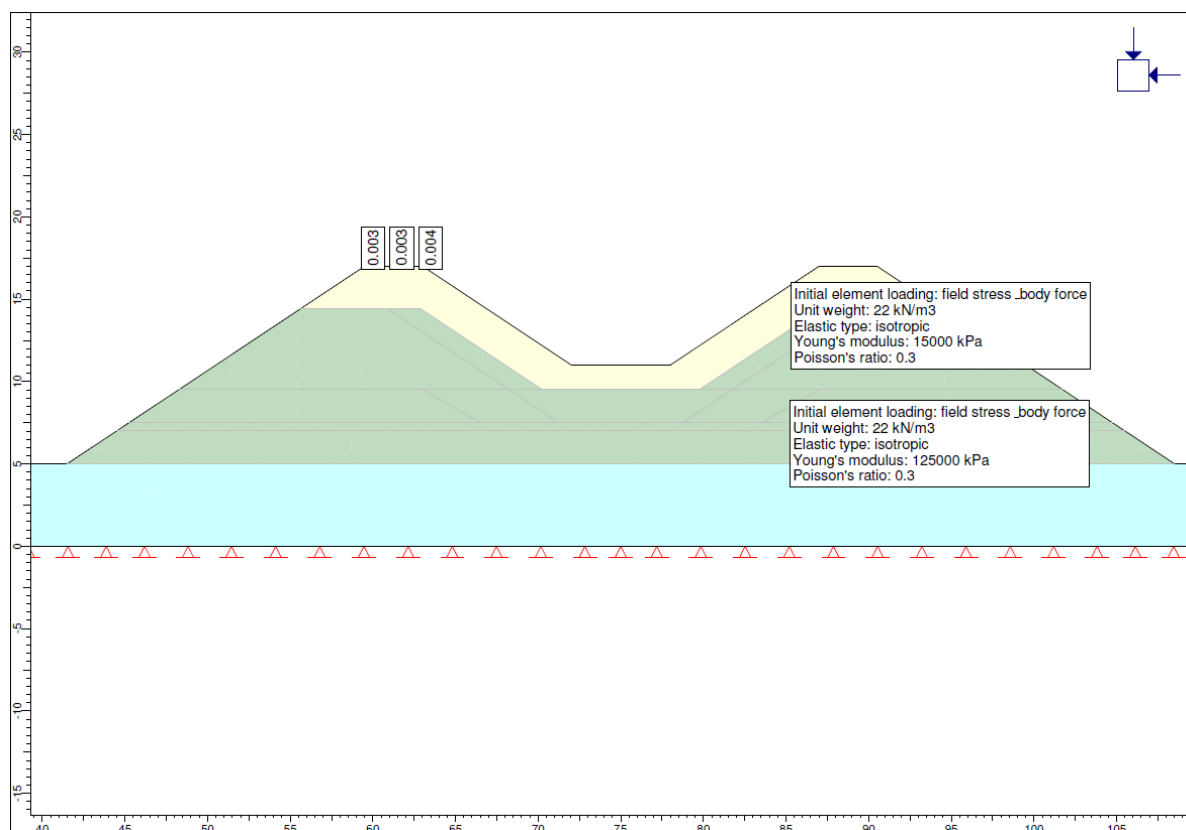


Figura 9 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (125 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

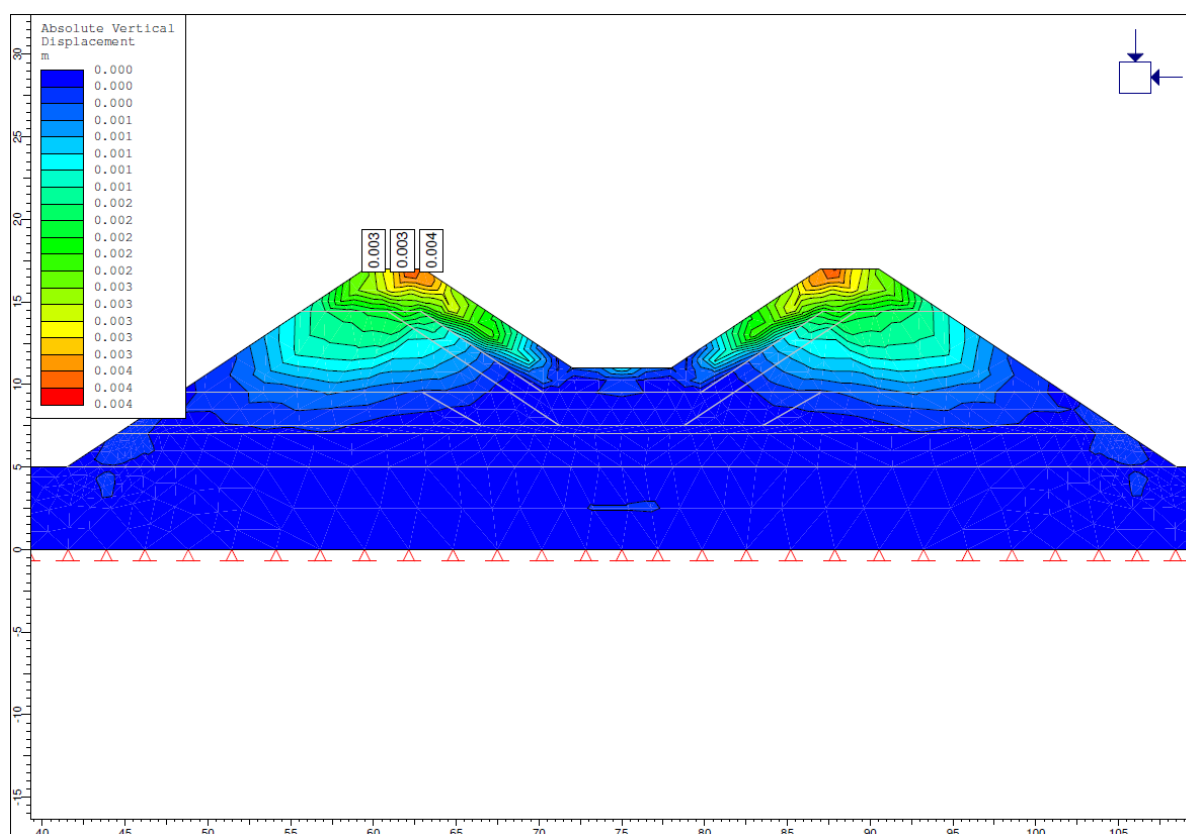


Figura 10 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (125 MPa) – Isodeslocamentos

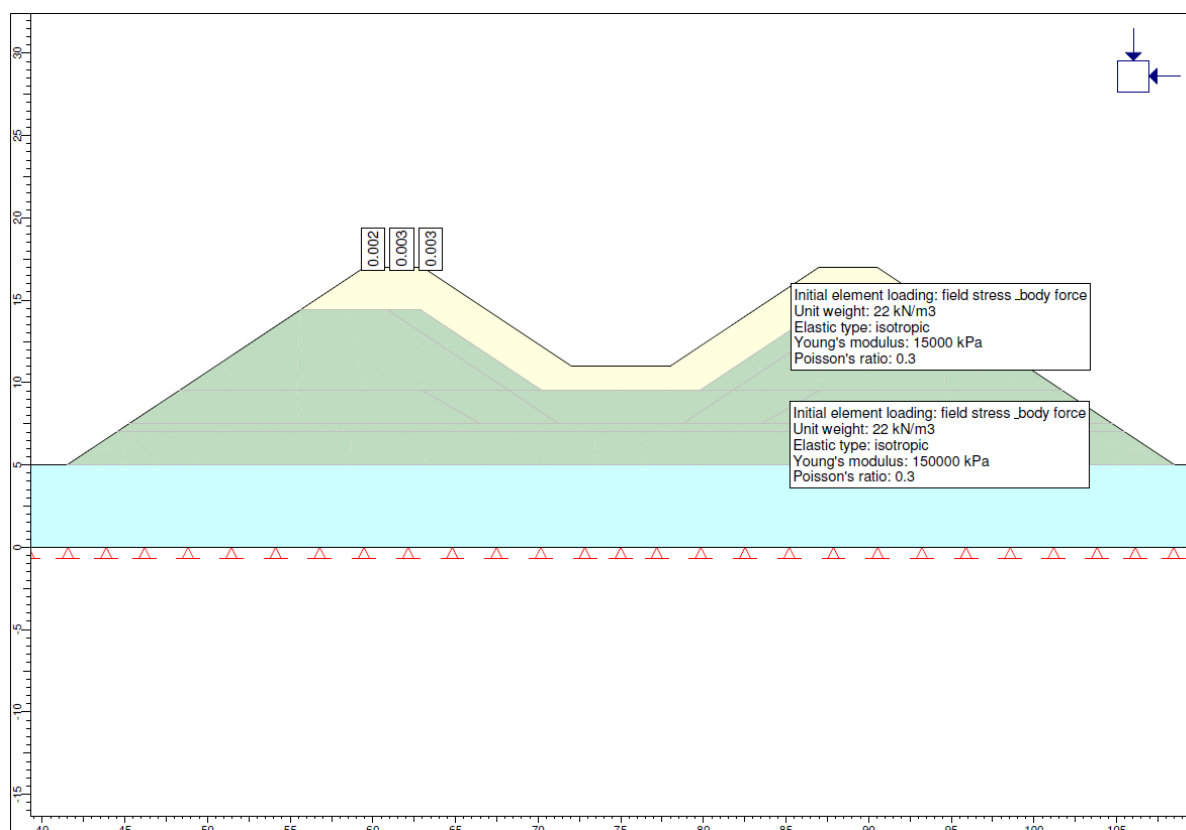


Figura 11 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (150 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

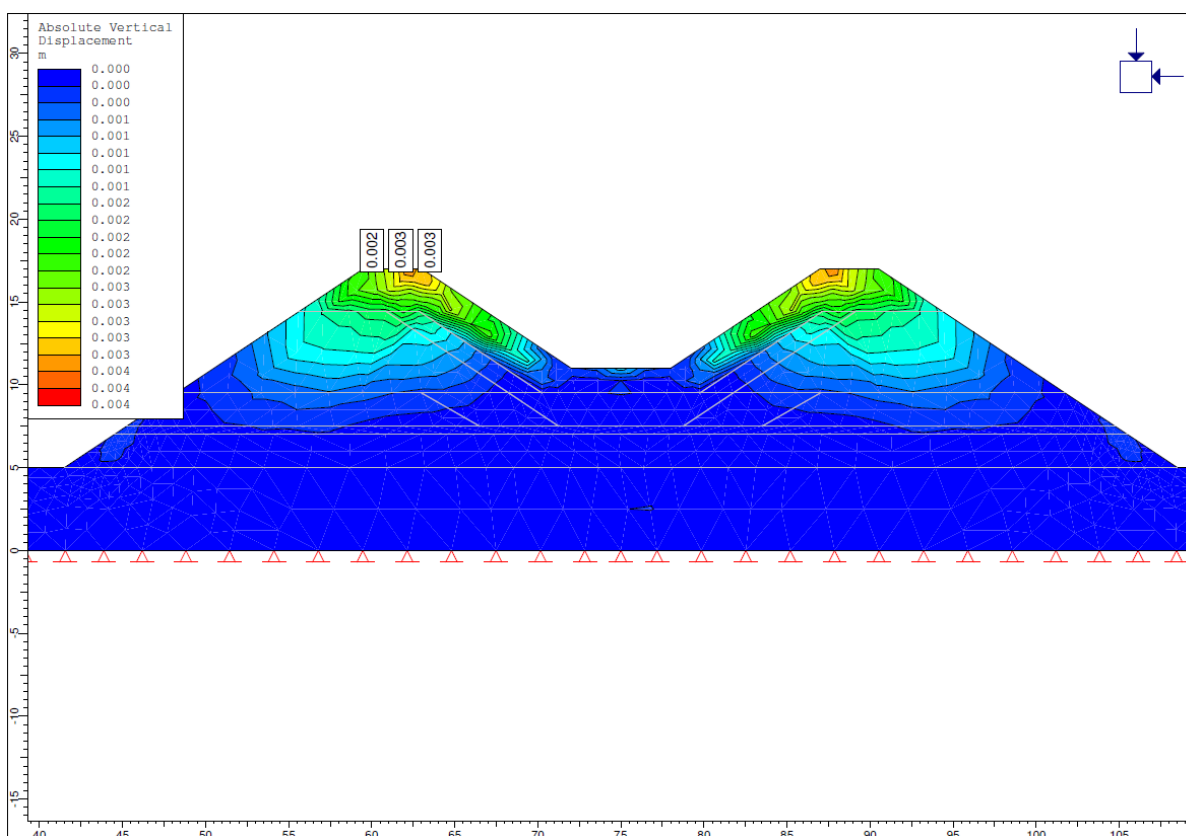


Figura 12 - Solo (15 MPa) – Enrocamento (150 MPa) – Isodeslocamentos

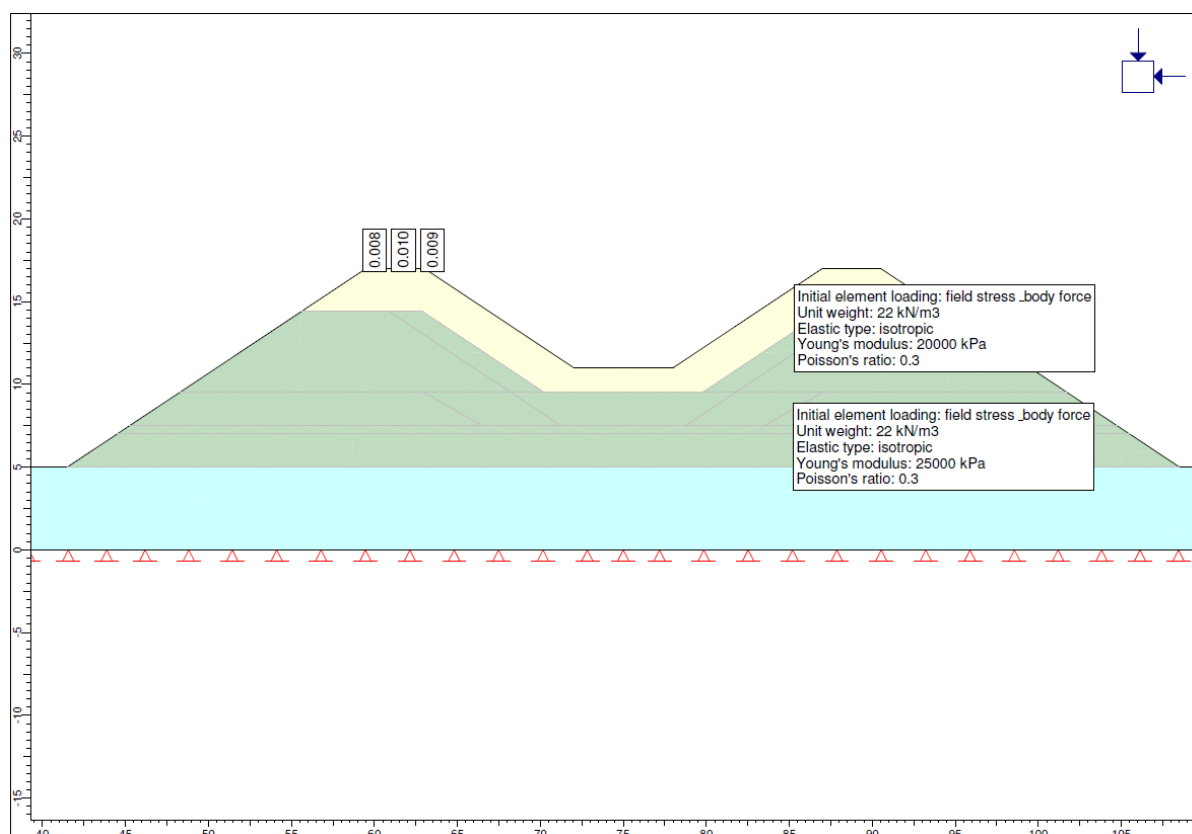


Figura 13 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (25 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

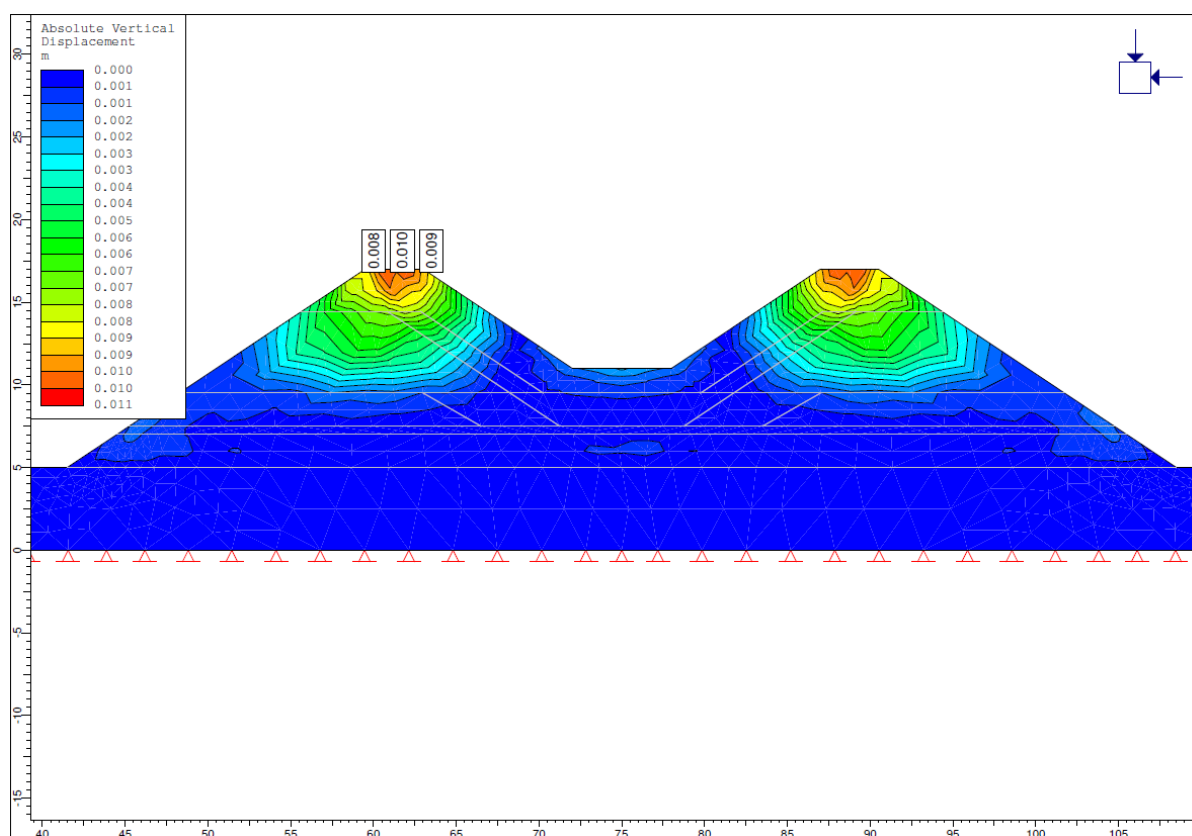


Figura 14 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (25 MPa) – Isodeslocamentos

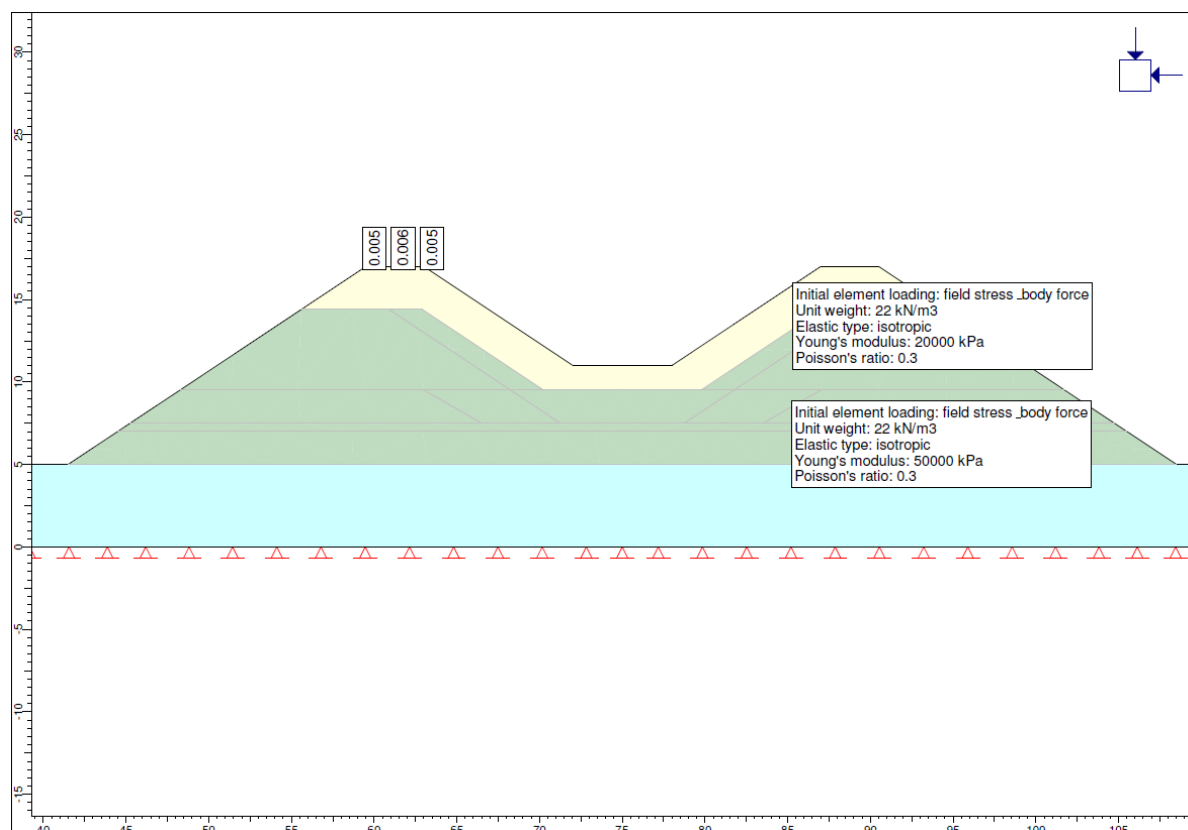


Figura 15 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (50 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

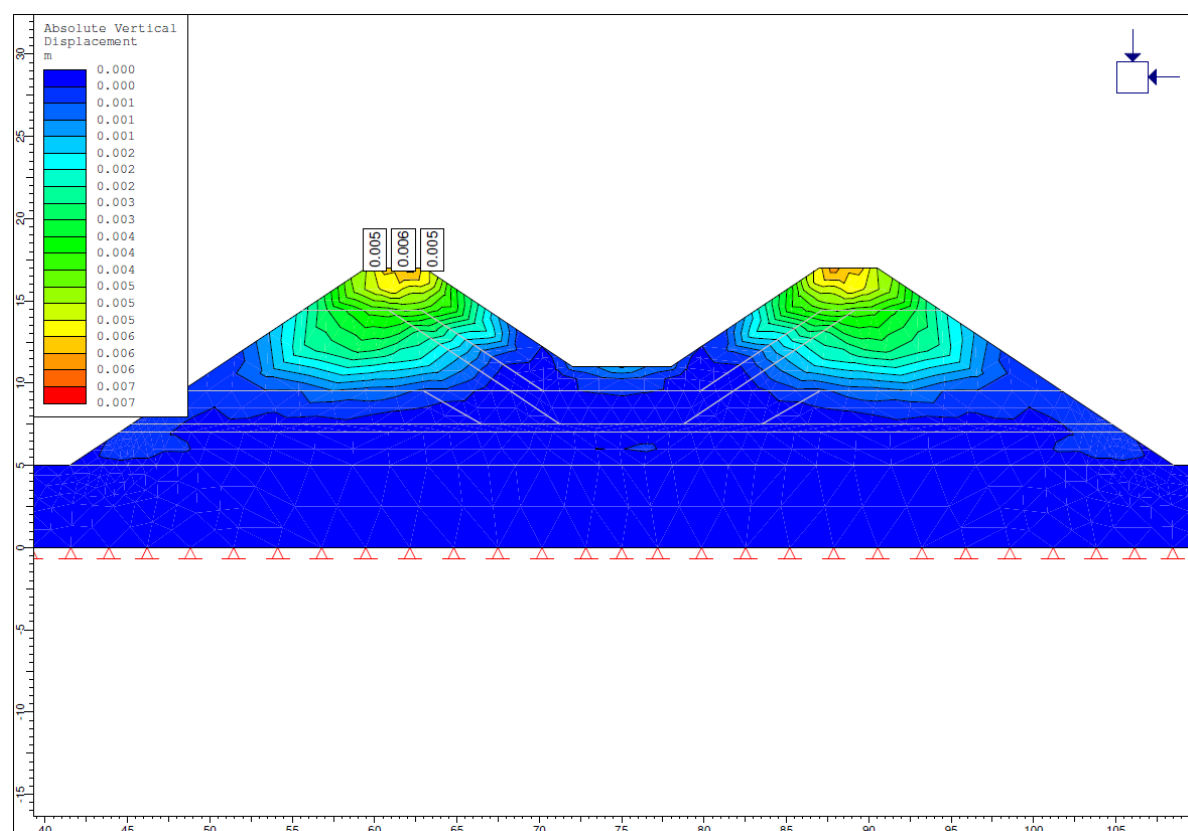


Figura 16 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (50 MPa) – Isodeslocamentos

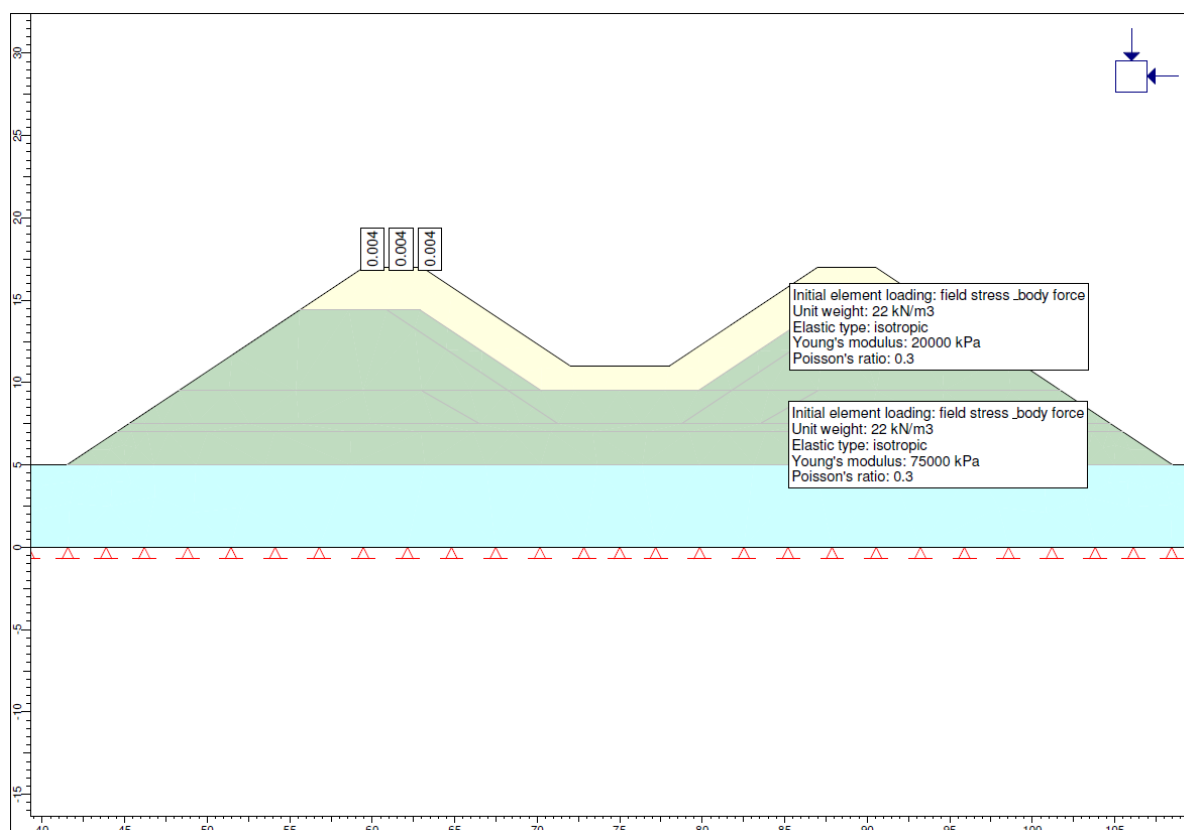


Figura 17 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (75 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

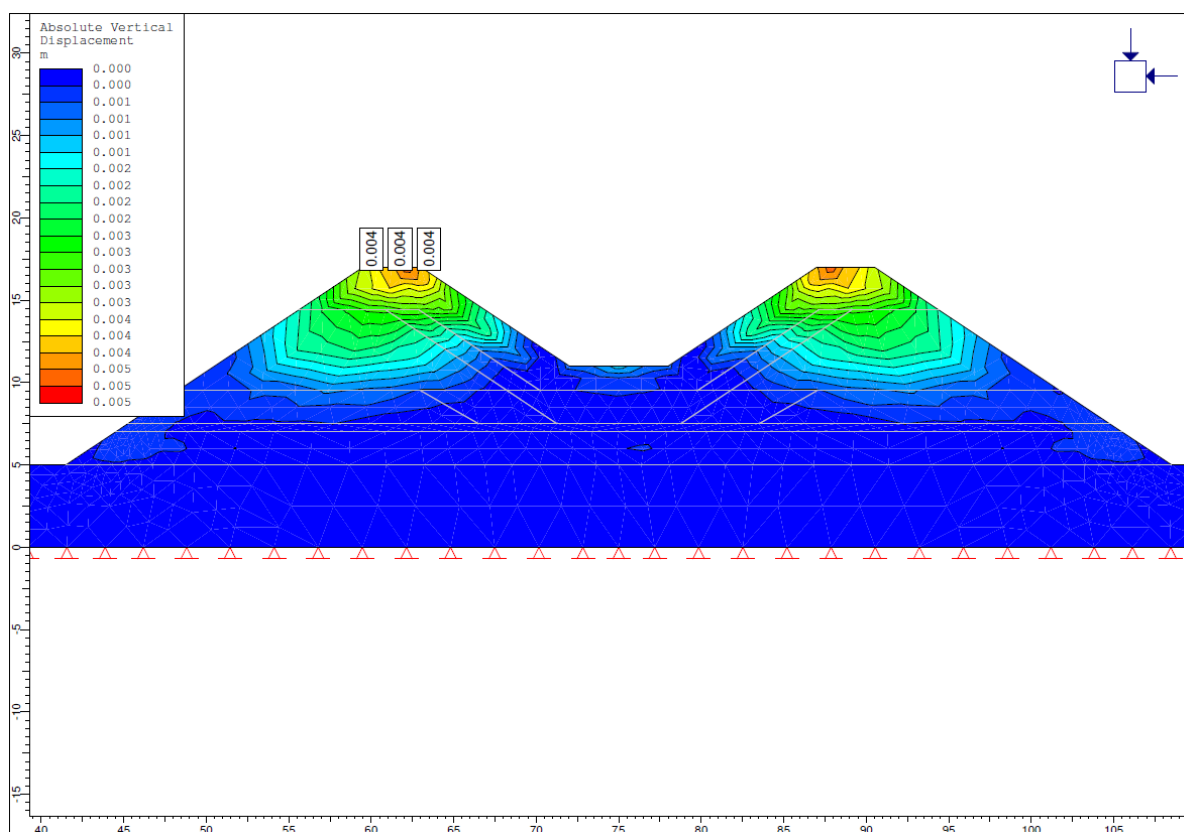


Figura 18 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (75 MPa) – Isodeslocamentos

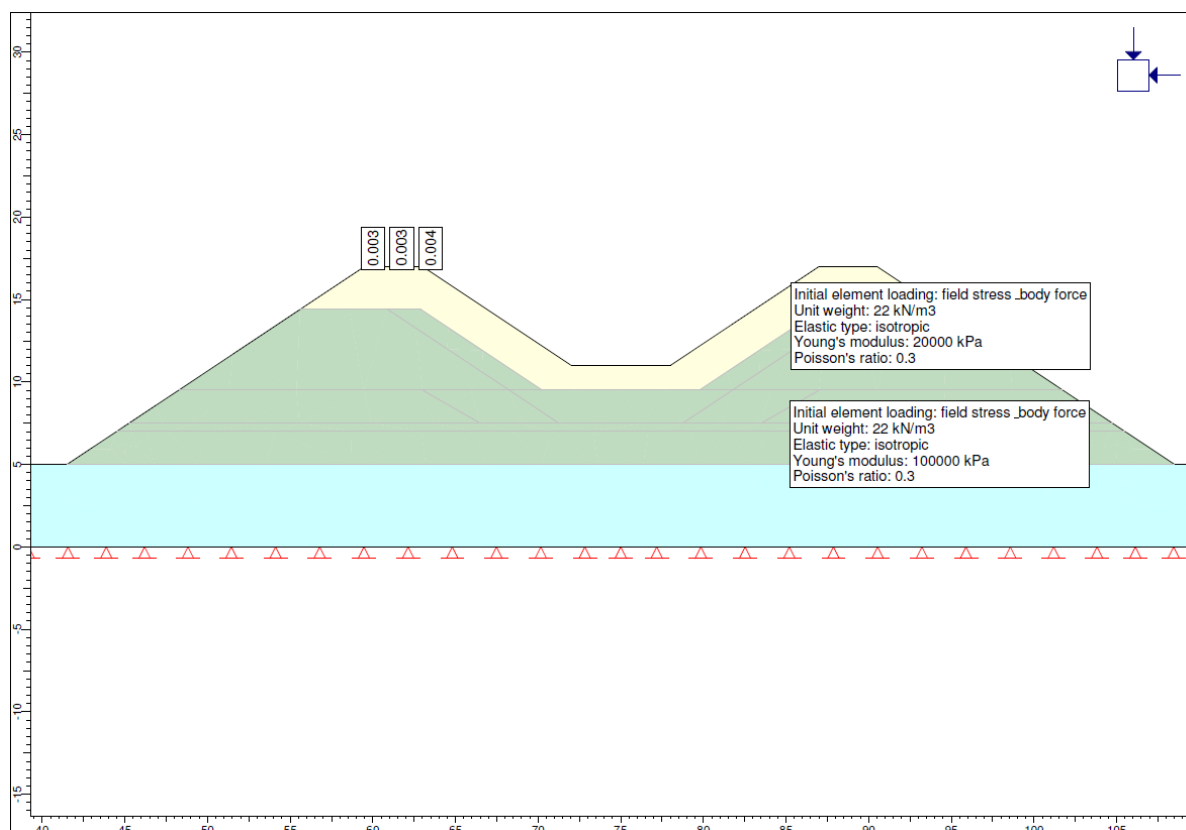


Figura 19 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (100 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

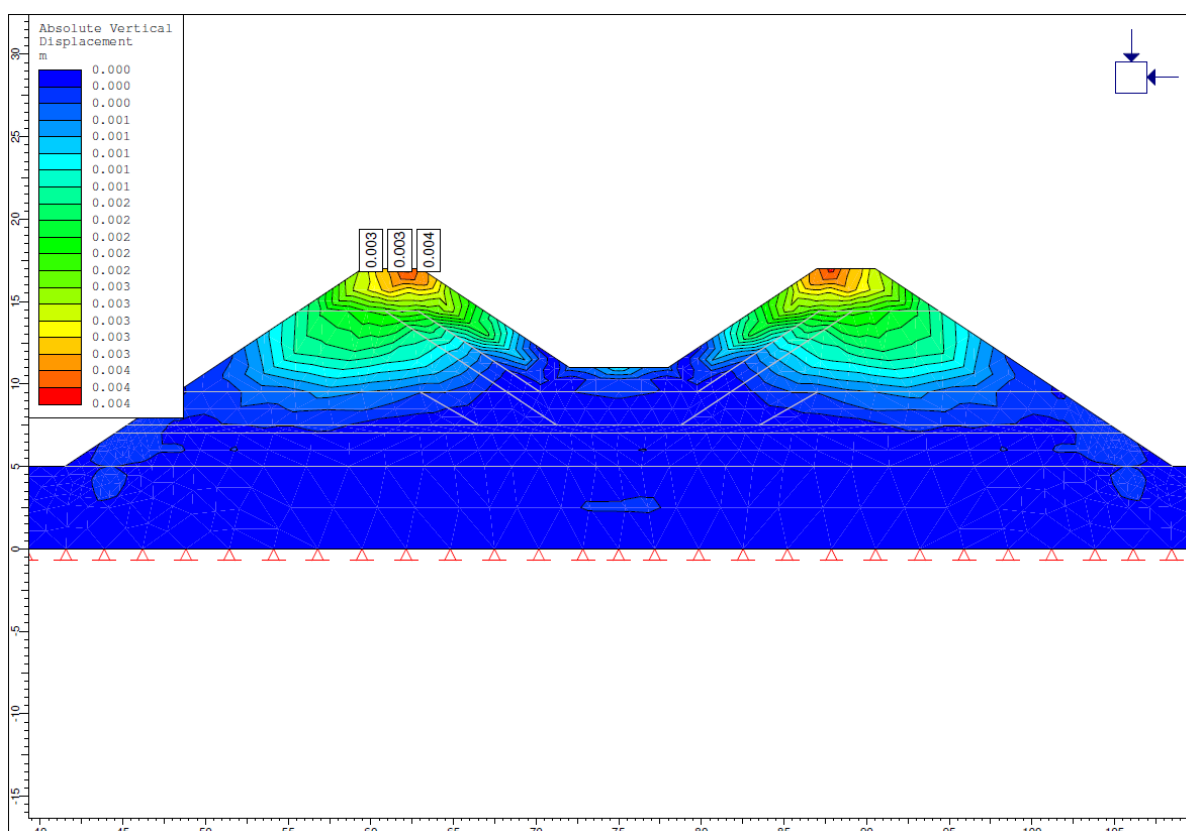


Figura 20 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (100 MPa) – Isodeslocamentos

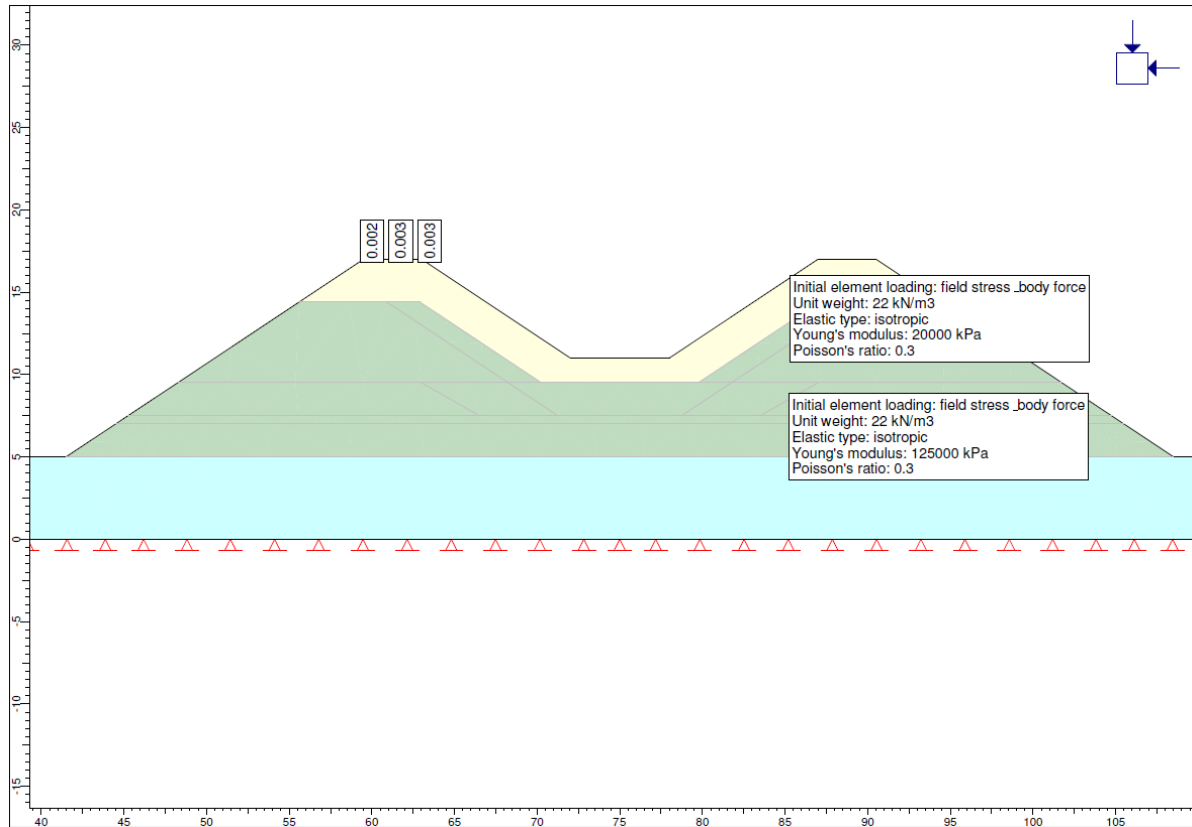


Figura 21 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (125 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

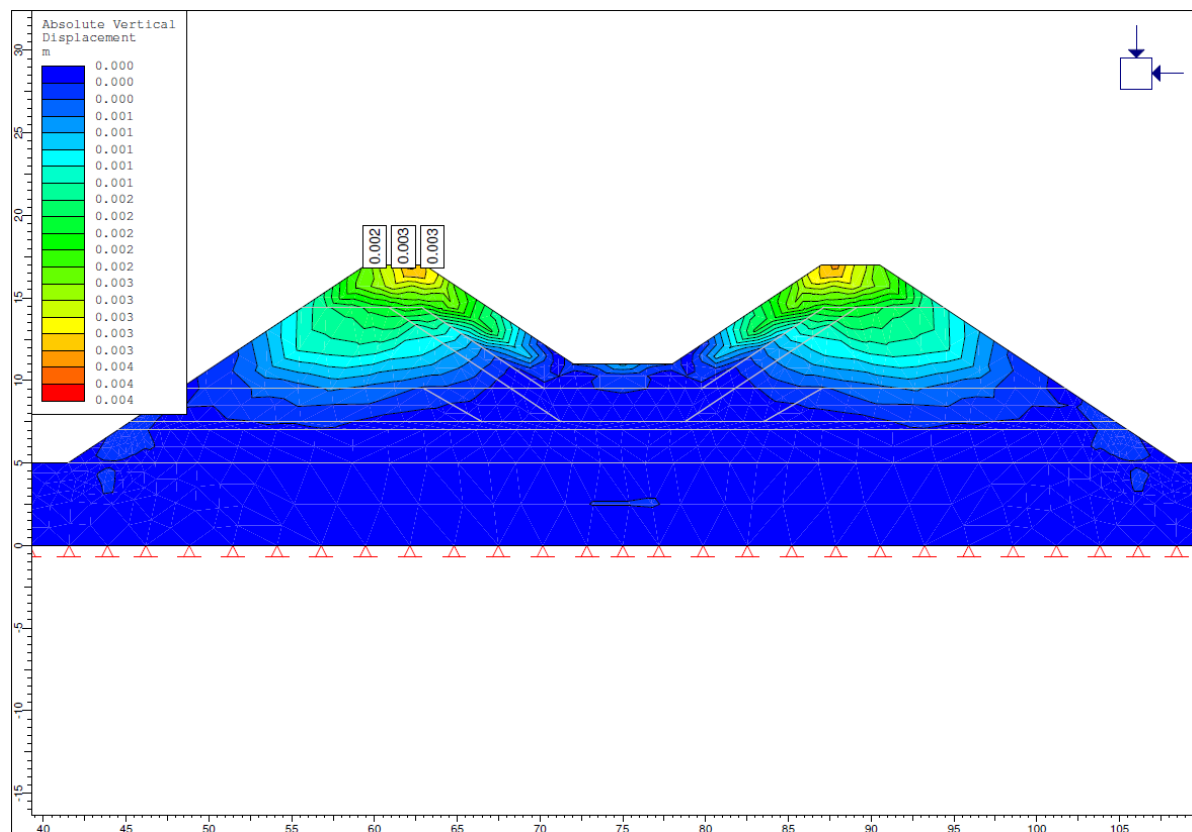


Figura 22 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (125 MPa) – Isodeslocamentos

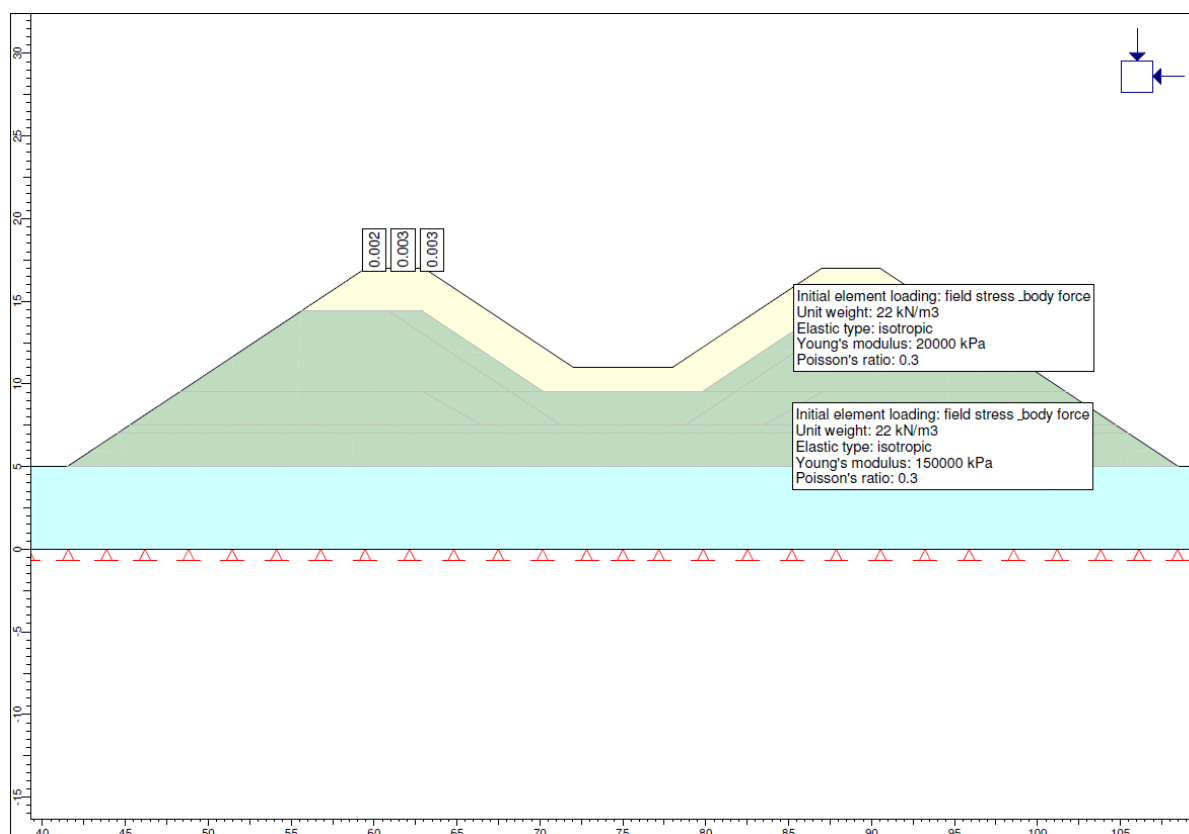


Figura 23 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (150 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

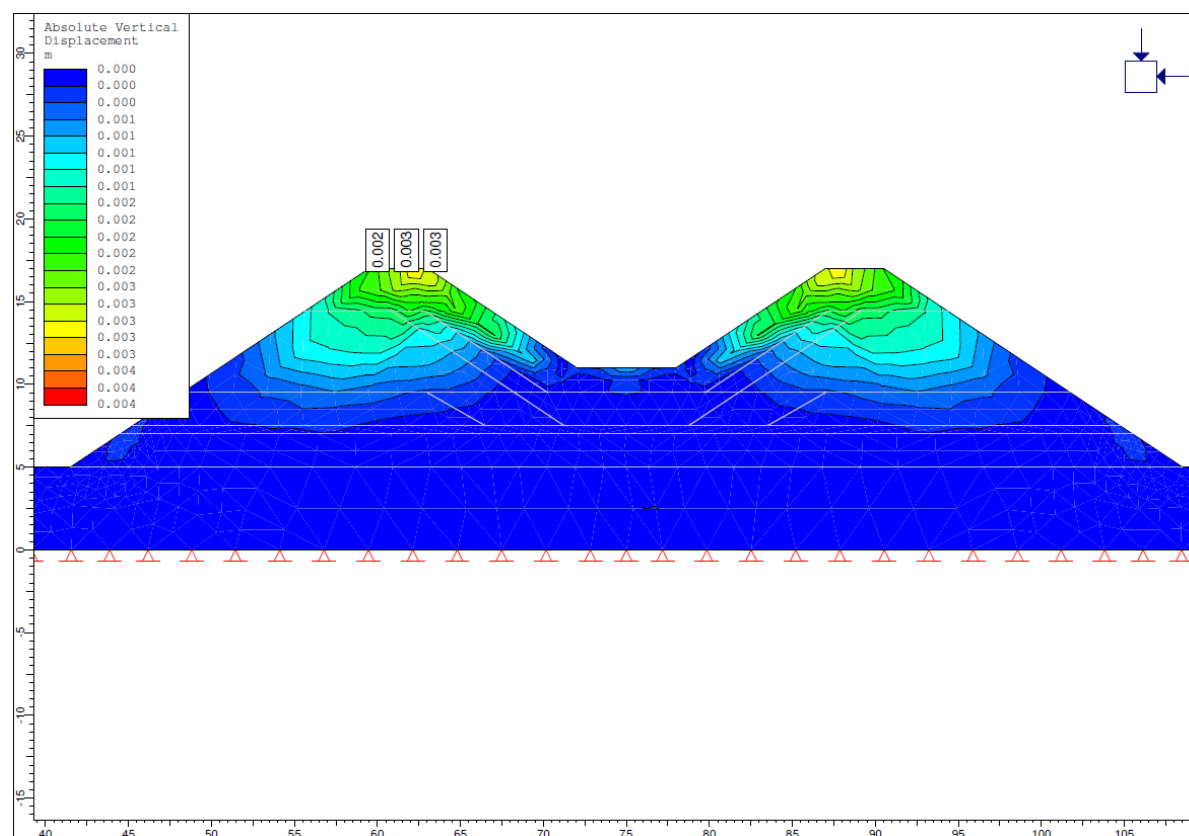


Figura 24 - Solo (20 MPa) – Enrocamento (150 MPa) – Isodeslocamentos

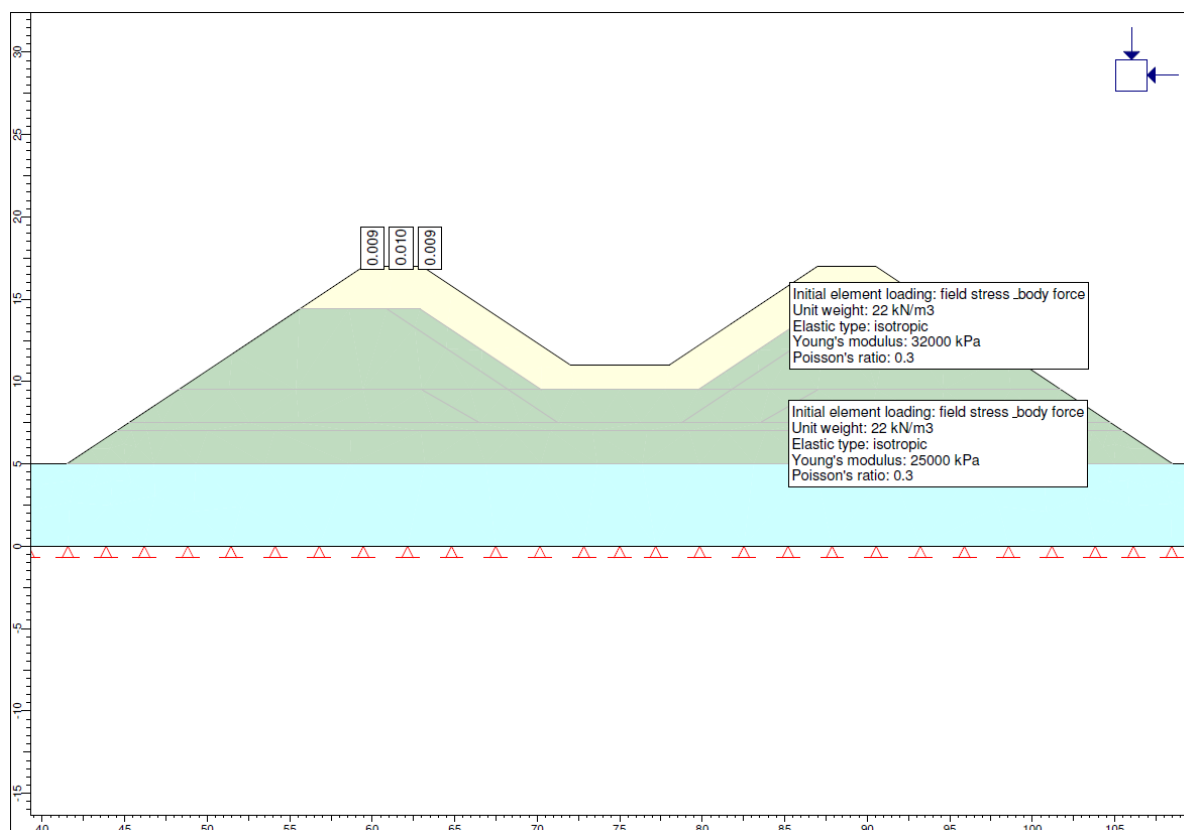


Figura 25 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (25 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

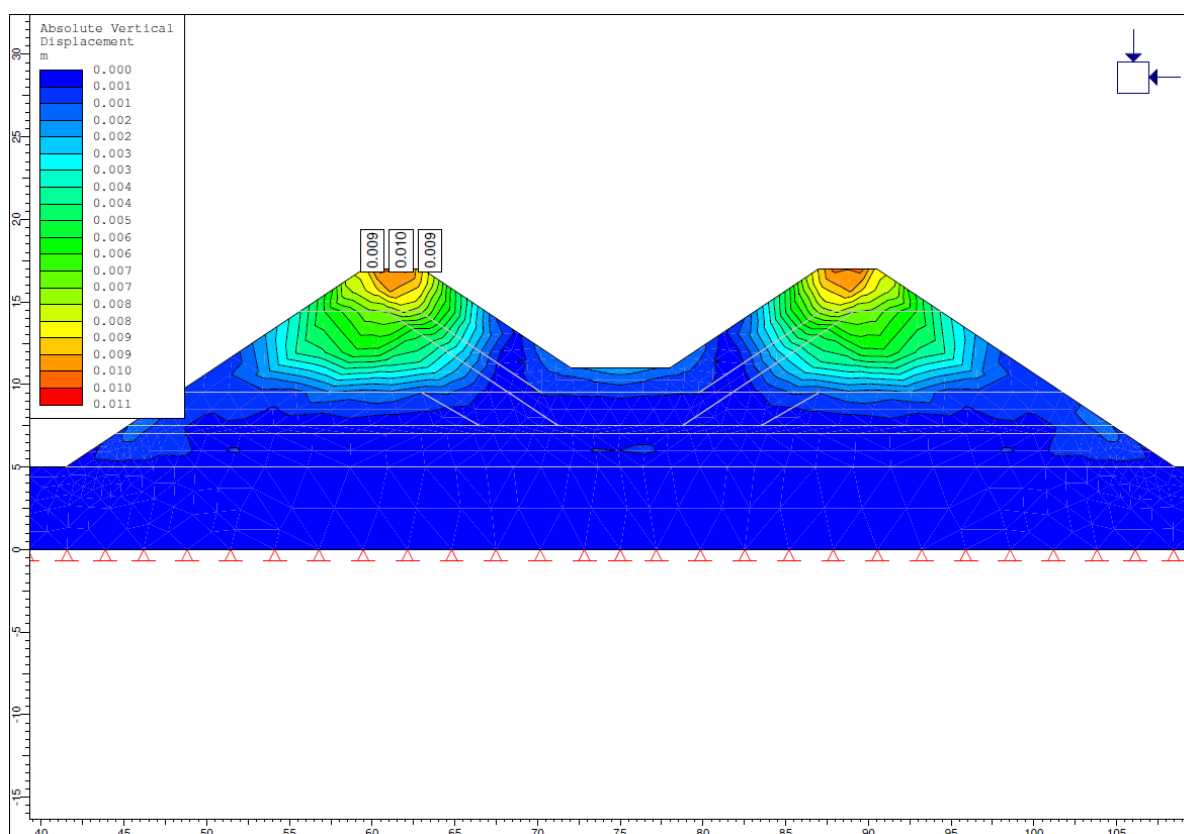


Figura 26 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (25 MPa) – Isodeslocamentos

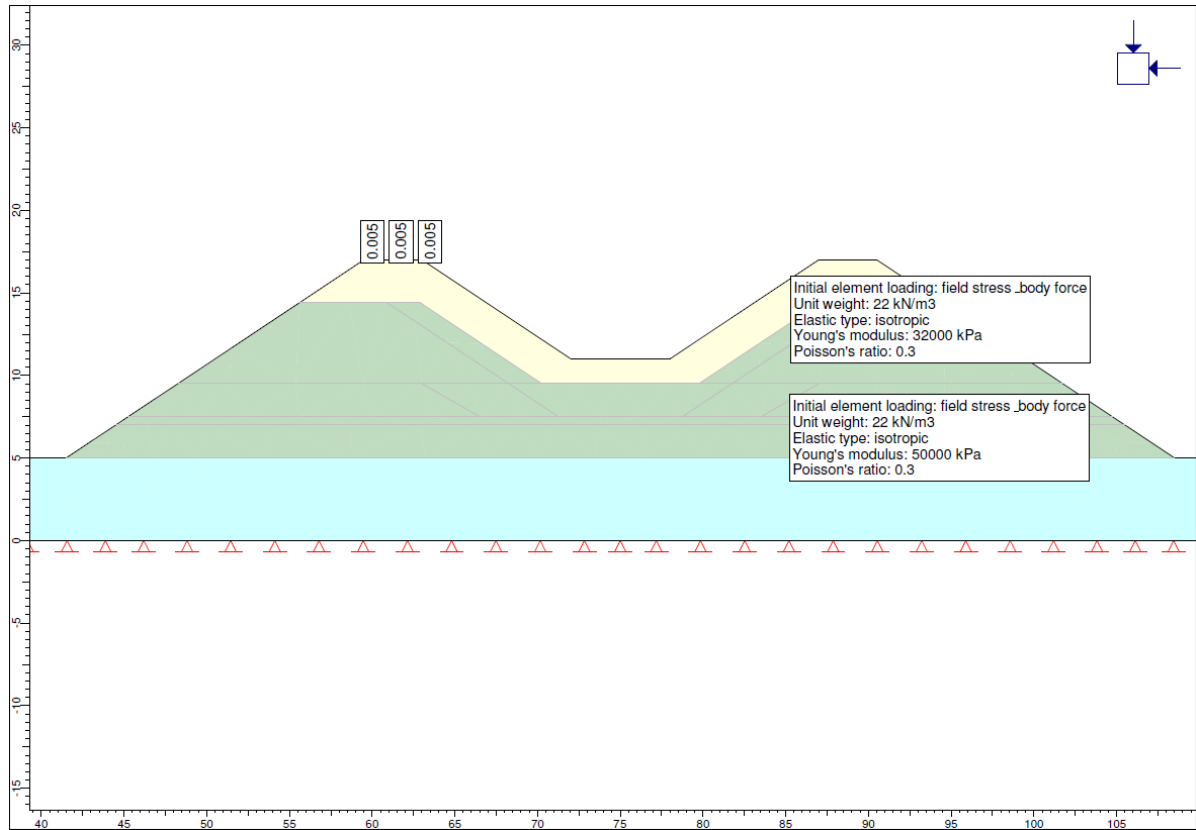


Figura 27 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (50 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

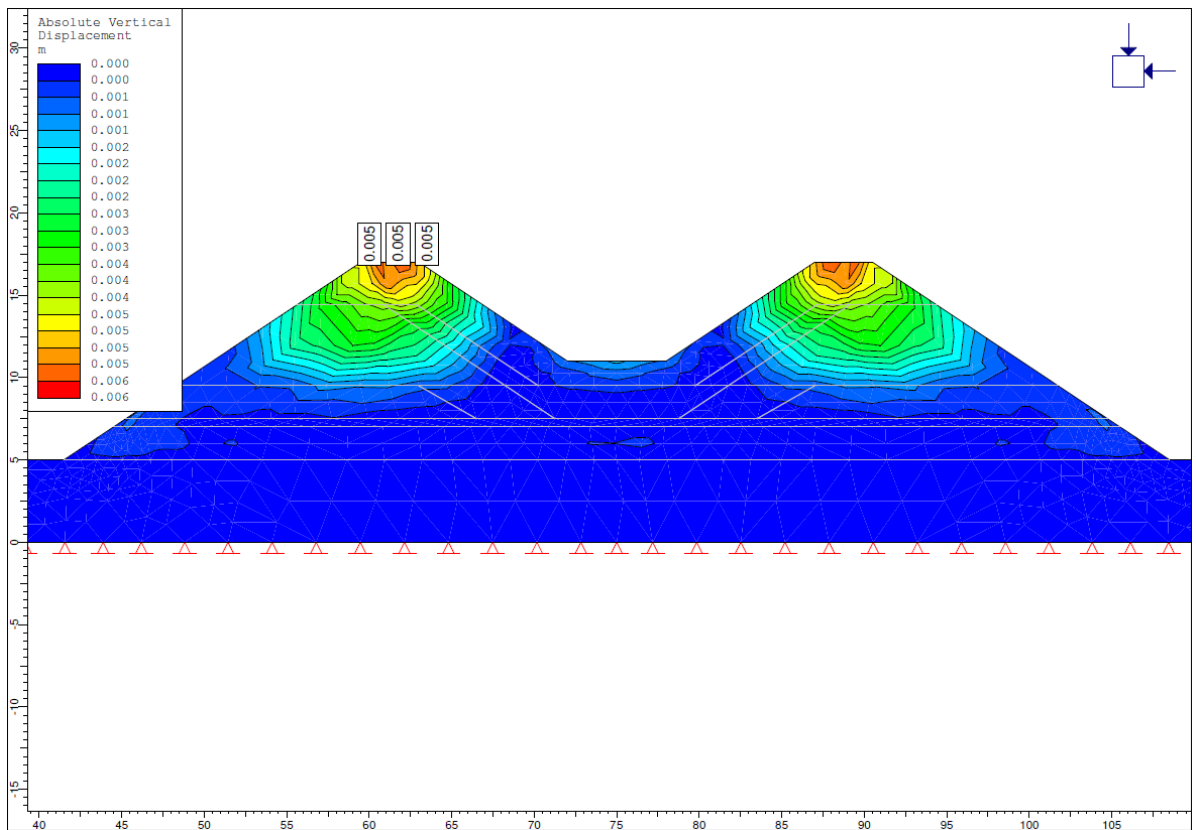


Figura 28 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (50 MPa) – Isodeslocamentos

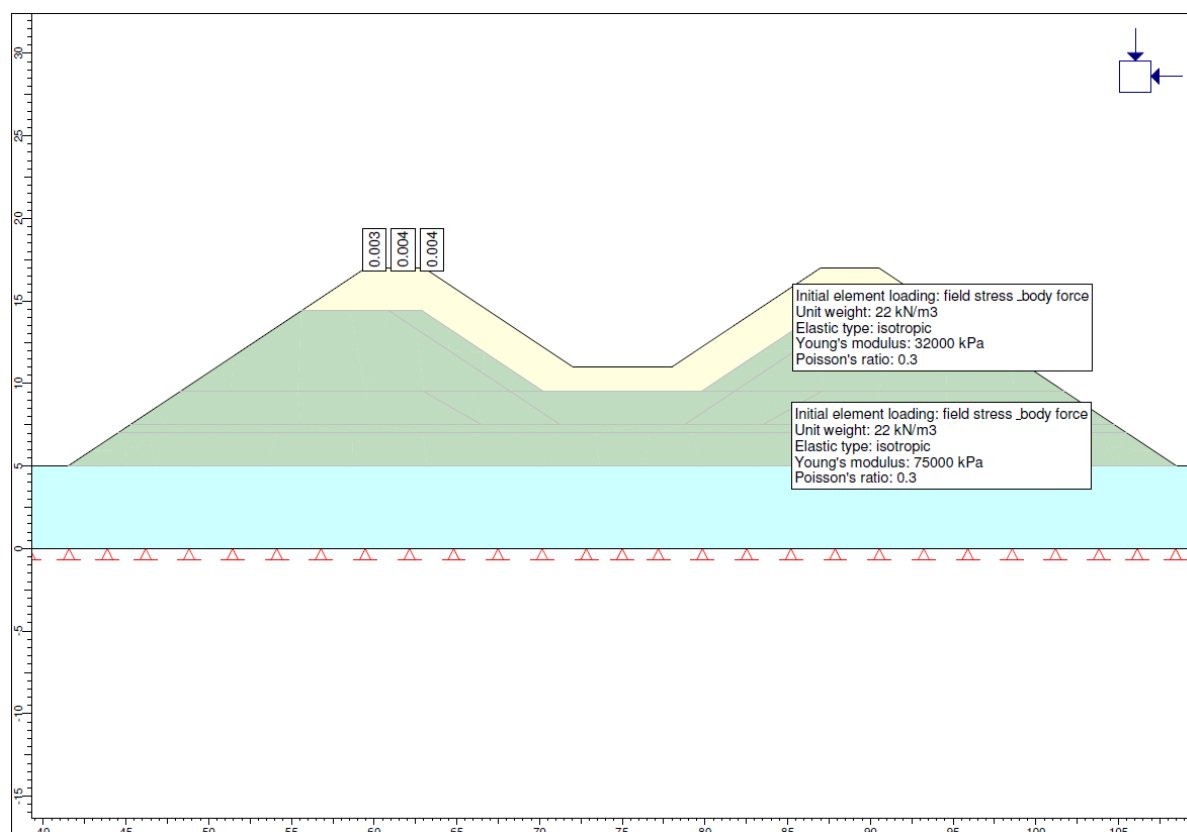


Figura 29 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (75 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

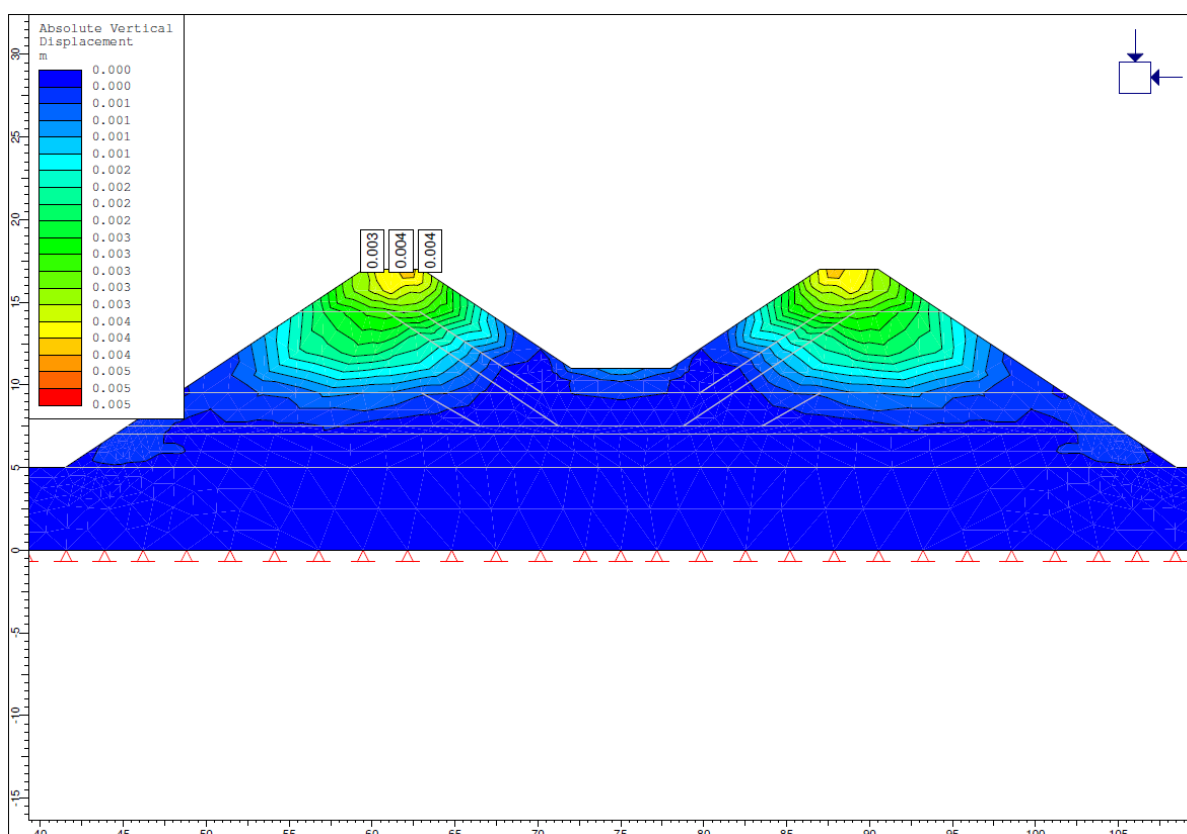


Figura 30 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (75 MPa) – Isodeslocamentos

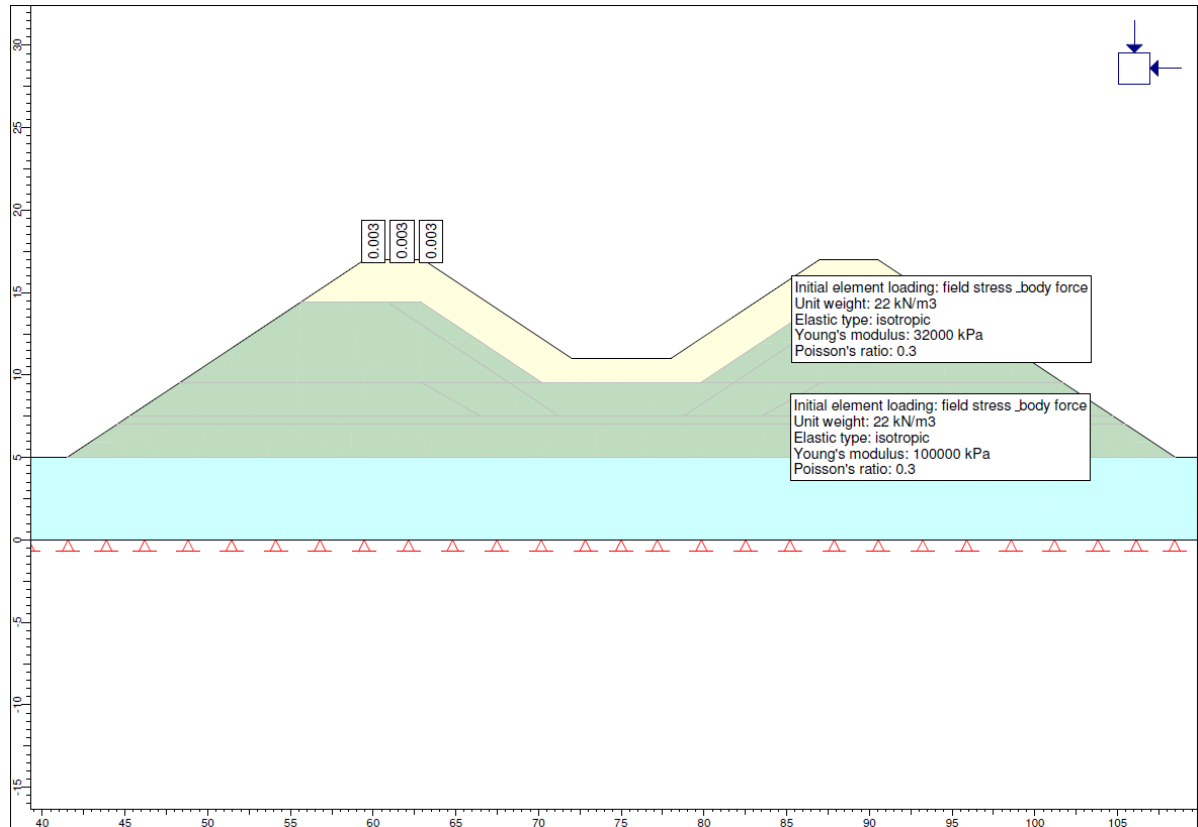


Figura 31 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (100 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

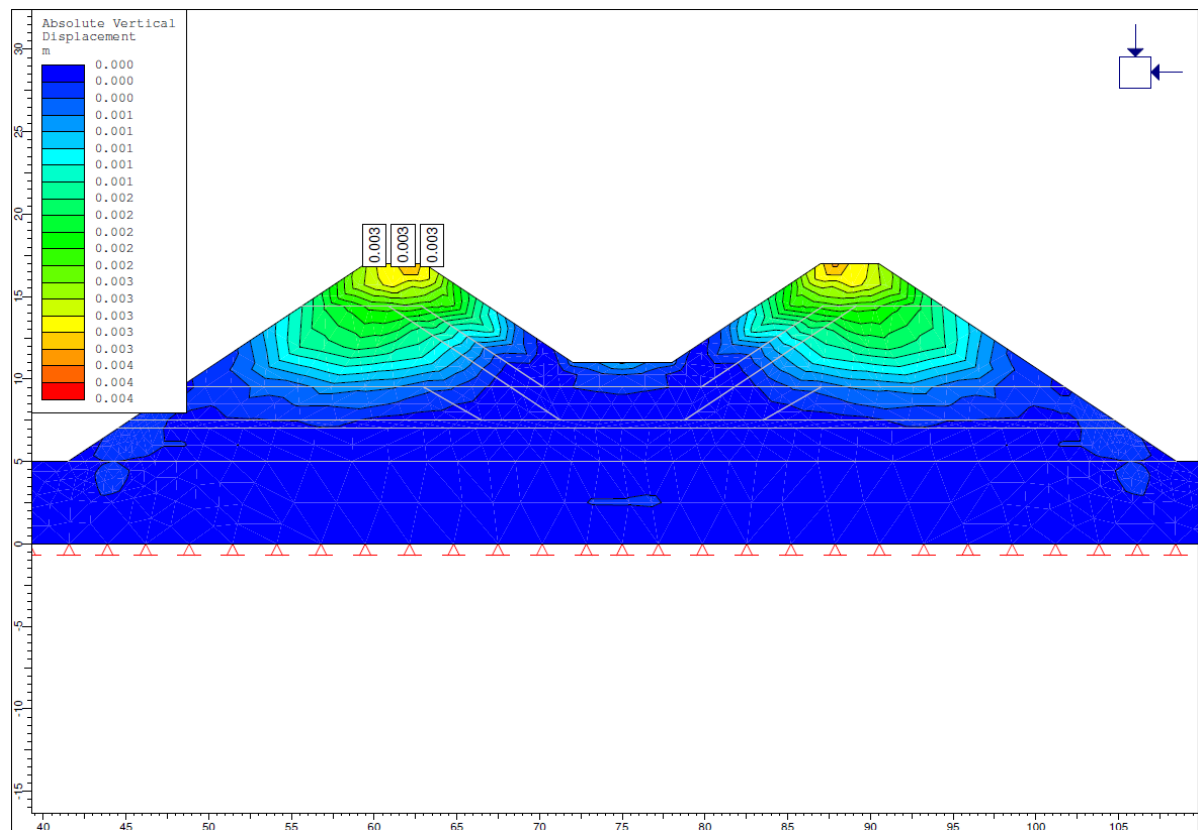


Figura 32 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (100 MPa) – Isodeslocamentos

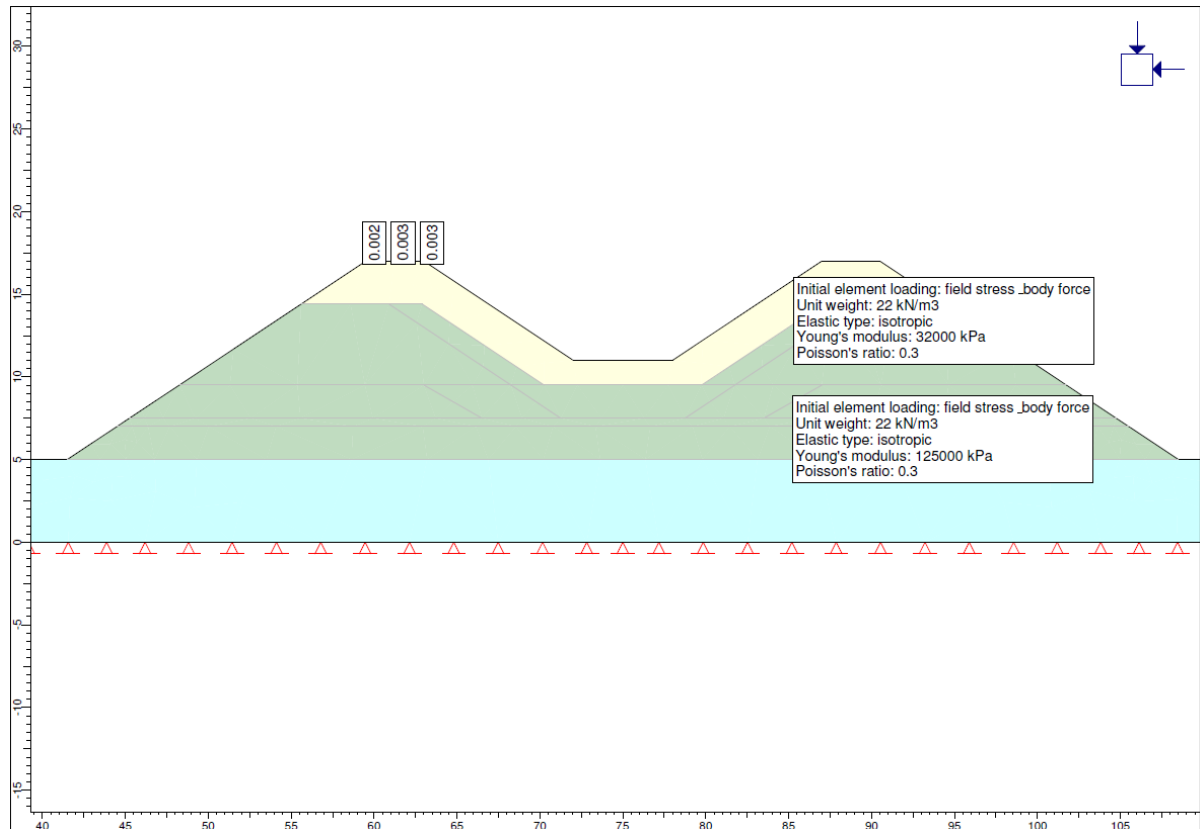


Figura 33 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (125 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

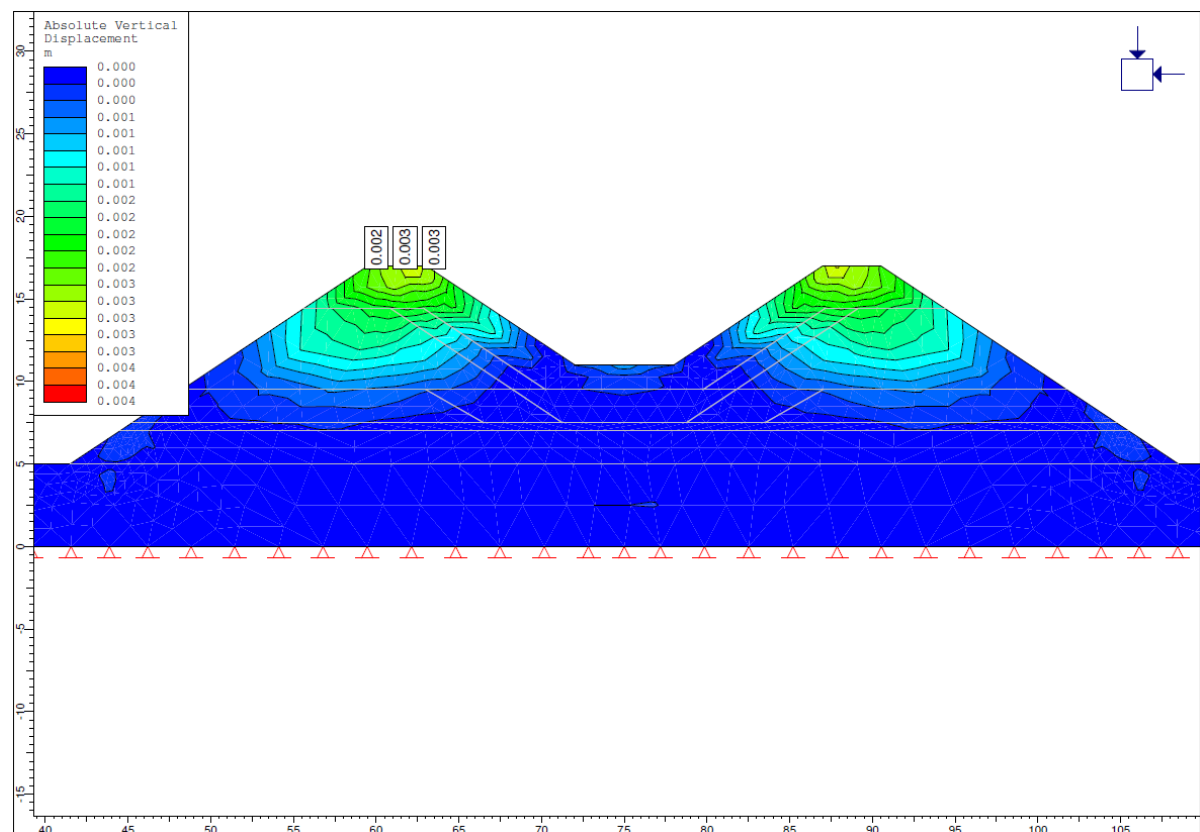


Figura 34 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (125 MPa) – Isodeslocamentos

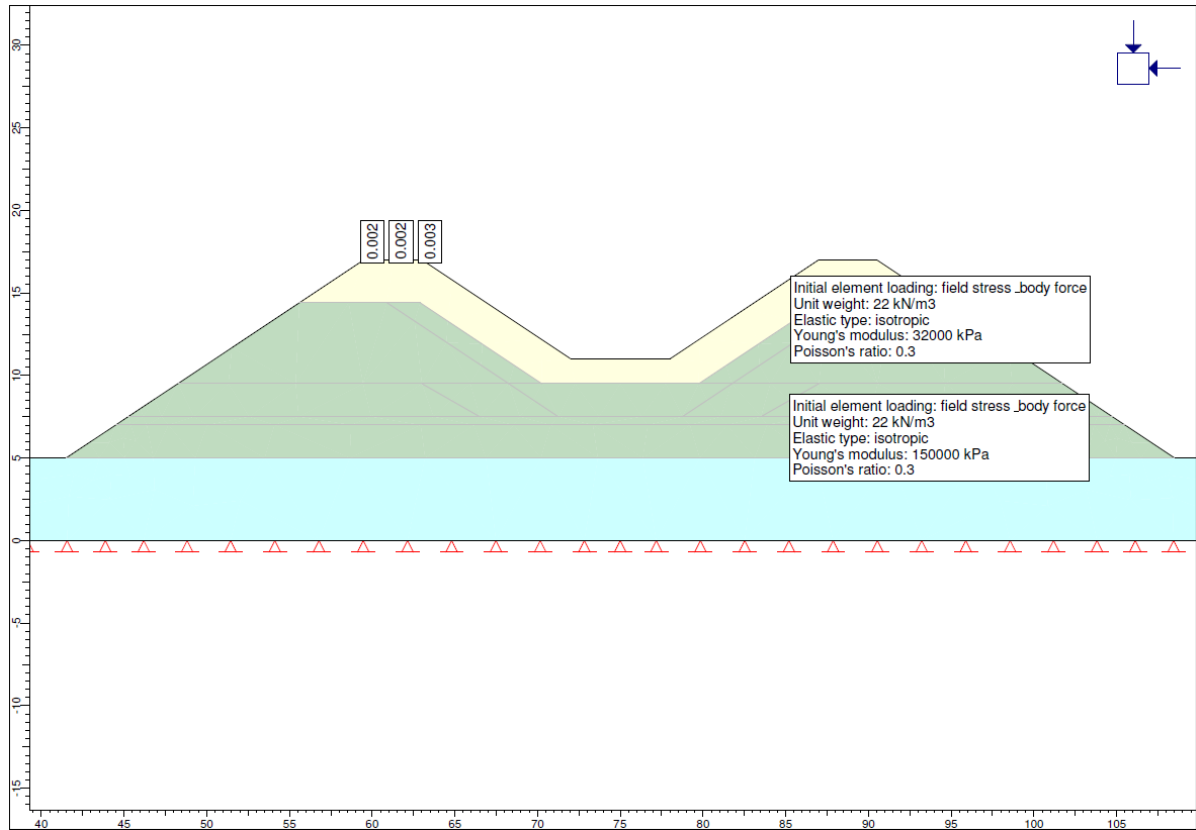


Figura 35 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (150 MPa) – Zoneamento e Parâmetros

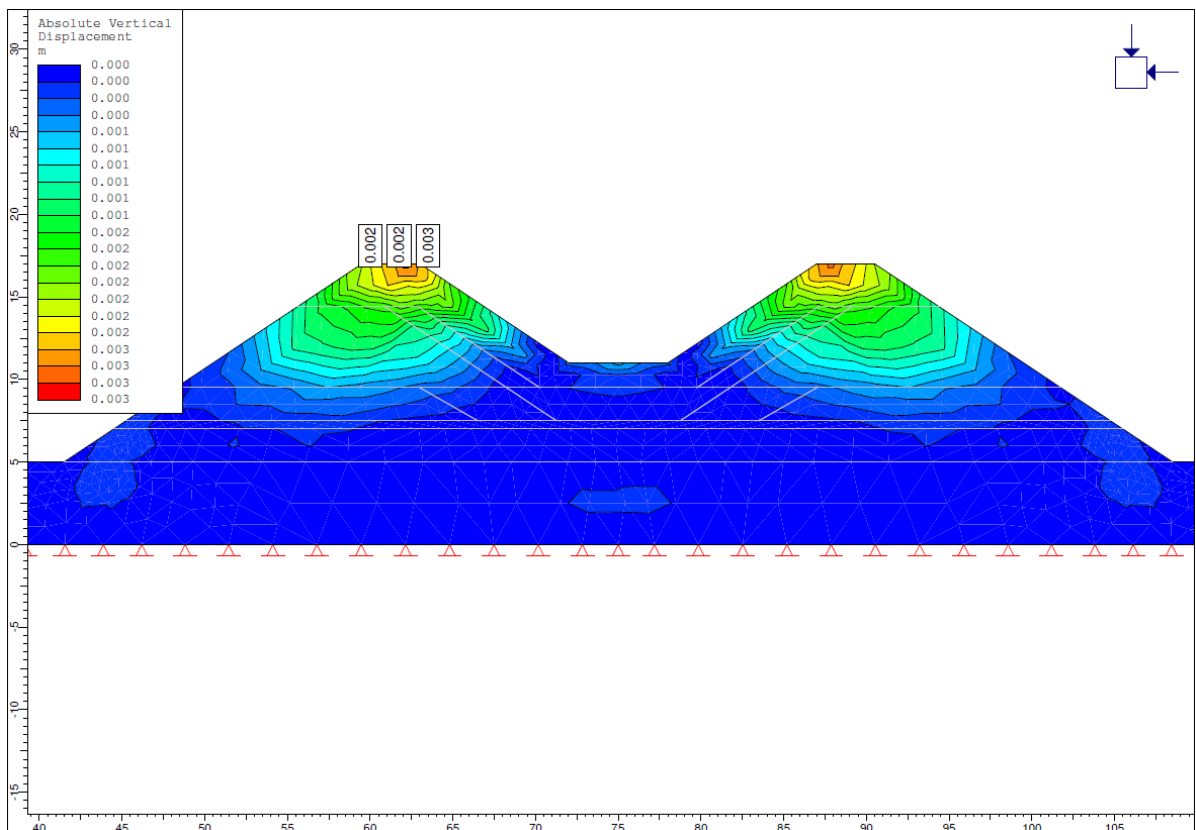


Figura 36 - Solo (32 MPa) – Enrocamento (150 MPa) – Isodeslocamentos