



GOVERNO DO
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos

CONTRATO Nº 002/SRH/CE/2012



PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO
JATI / RIO CARIÚS DO CINTURÃO
DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC

RELATÓRIO FINAL - TEXTO
RELATÓRIO PROJETO HIDRÁULICO
GEOMÉTRICO / TERRAPLENAGEM - VOLUME II/VI
RELATÓRIO DE TERRAPLENAGEM - TOMO III/II
MEMORIAL DESCRITIVO



1 -					
0	20/08/2012	B	Emissão Inicial		
REVISÃO Nº	DATA	NATUREZA DA REVISÃO	DESCRIÇÃO DAS REVISÕES		
TIPO DE EMISSÃO	(A) PRELIMINAR	(D) PARA COTAÇÃO	(G) CONFORME CONSTRUÍDO		
	(B) PARA APROVAÇÃO	(E) PARA CONSTRUÇÃO	(H) CANCELADO		
	(C) PARA CONHECIMENTO	(F) CONFORME COMPRADO	(I) DE TRABALHO		
 <small>TECNOLOGIA E ENGENHARIA</small>					
PROJETO:			DATA:		
PROJETISTA:			DATA:		
VERIFICAÇÃO:			DATA:		
APROVAÇÃO:			DATA:		
	GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ				
	SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS – SRH CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ – CAC PROJETO EXECUTIVO DO TRECHO 1 – JATI-CARIUS				
RELATÓRIO DO PROJETO DE TERRAPLENAGEM					
Título	RELATÓRIO DO PROJETO GERAL DE TERRAPLENAGEM VOLUME I – MEMORIAL DESCRITIVO DATA (08/2012)				
	DATA	RUBRICA	APROVAÇÃO	DATA	RUBRICA
PROJETISTA			SRH-CE		
DESENHISTA			SRH-CE		
VERIFICADO					
			CLIENTE: SRH-CE		
ESCALA	DOCUMENTO Nº: CAC.PE-T1-REL-GRT1.PGT-TER-001				REVISÃO
	PROJETISTA: VBA TECNOLOGIA E ENGENHARIA S/A				0
	CLIENTE: SRH-CE				



Título		Número		Folha																																
RELATÓRIO DO PROJETO GERAL DE TERRAPLENAGEM		CAC.PE-T1-REL-GRT1.PGT-TER-001		2/140																																
Esta folha índice indica em que revisão está cada folha na emissão citada																																				
Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	Fl/Rev	0	1	2	3	4	5	6	7	
1	X								36	X									71	X								106	X							
2	X								37	X									72	X								107	X							
3	X								38	X									73	X								108	X							
4	X								39	X									74	X								109	X							
5	X								40	X									75	X								110	X							
6	X								41	X									76	X								111	X							
7	X								42	X									77	X								112	X							
8	X								43	X									78	X								113	X							
9	X								44	X									79	X								114	X							
10	X								45	X									80	X								115	X							
11	X								46	X									81	X								116	X							
12	X								47	X									82	X								117	X							
13	X								48	X									83	X								118	X							
14	X								49	X									84	X								119	X							
15	X								50	X									85	X								120	X							
16	X								51	X									86	X								121	X							
17	X								52	X									87	X								122	X							
18	X								53	X									88	X								123	X							
19	X								54	X									89	X								124	X							
20	X								55	X									90	X								125	X							
21	X								56	X									91	X								126	X							
22	X								57	X									92	X								127	X							
23	X								58	X									93	X								128	X							
24	X								59	X									94	X								129	X							
25	X								60	X									95	X								130	X							
26	X								61	X									96	X								131	X							
27	X								62	X									97	X								132	X							
28	X								63	X									98	X								133	X							
29	X								64	X									99	X								134	X							
30	X								65	X									100	X								135	X							
31	X								66	X									101	X								136	X							
32	X								67	X									102	X								137	X							
33	X								68	X									103	X								138	X							
34	X								69	X									104	X								139	X							
35	X								70	X									105	X								140	X							
0	20/08/2012																																			Emissão Inicial
Rev.	Data								Por									Em.	Aprov.																Descrição das revisões	
TIPO DE EMISSÃO																																				
(A) Preliminar											(E) Para Construção											(I) de Trabalho														
(B) Para Aprovação											(F) Conforme Comprado											()														
(C) Para Conhecimento											(G) Conforme Construído											()														
(D) Para Cotação											(H) Cancelado											()														



APRESENTAÇÃO

APRESENTAÇÃO

O presente documento se constitui no **Relatório do Projeto Geral de Terraplenagem** apresentado no âmbito do Contrato N° 002/SRH/CE/2012, firmado entre a SRH – Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará e a VBA – Tecnologia e Engenharia S/A para “**Elaboração do Projeto Executivo do 1º Trecho Jati / Rio Cariús, com 153,6 km do Projeto Cinturão das Águas do Ceará – CAC**”.

O 1º Trecho Jati / Rio Cariús do Cinturão de Águas do Ceará – CAC, com 149,06 km de extensão, possui 124,57 km de canais, o que representa 84% do comprimento total da obra. Portanto, os serviços de terraplenagem ganham grande importância relativa, representando aproximadamente 30% dos custos totais.

Nesse contexto, procedeu-se neste “Projeto Executivo do 1º Trecho Jati / Rio Cariús do Cinturão de Águas do Ceará - CAC” uma revisão do balanço de materiais terrosos ao longo do traçado do 1º Trecho do CAC, previamente realizado no âmbito do Projeto Básico.

O balanço ora apresentado mantém os objetivos de primeira versão, elaborada no Projeto Básico, de especificar os movimentos de terra adotando-se critérios que visem a minimização das distâncias de transporte e a otimização do uso do material trabalhado, porém observando-se aspectos ambientais.

Esta versão do projeto de terraplenagem contempla as modificações no traçado dos canais, sifões e túneis implementadas no Projeto Geométrico Geral, com vistas a otimizar o sistema adutor, assim como incorpora bases de dados atualizadas e mais detalhadas da topografia e geotecnia do terreno, sendo portanto uma representação mais realista das condições de campo.



ÍNDICE



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO

1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS.....	8
2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS	10
2.1 - CARACTERIZACAO GEOLÓGICA	10
2.1.1 - FEIÇÕES MORFOLÓGICAS	10
2.1.2 - GEOLOGIA REGIONAL	13
2.1.3 - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS	16
2.2 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS	34
2.2.1 - SONDAGENS ROTATIVAS	34
2.2.2 - SONDAGENS DE PERCUSSÃO	35
2.2.3 - SONDAGENS A TRADO	35
2.2.4 - POÇOS DE INSPEÇÃO	35
3 - CRITÉRIOS DE CÁLCULO PARA OS VOLUMES DE ESCAVAÇÃO E ATERRO.....	38
3.1 - SEÇÃO TIPO DE ESCAVAÇÃO	38
3.2 - SEÇÃO TIPO DE ATERRO	40
3.3 - CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE MATERIAIS	43
4 - IDENTIFICAÇÃO DAS ÁRES DE EMPRÉSTIMO E BOTA-FORA.....	48
5 - METODOLOGIA DO BALANÇO DE TERRAPLENAGEM	53
5.1 - ETAPA 1 – BALANÇO DE MATERIAL EM TRECHOS DE 20 M	53
5.2 - ETAPA 2 – BALANÇO DE MATERIAL EM TRECHOS DE 60 M	54
5.3 - ETAPA 3 – BALANÇO DE MATERIAL EM TRECHOS DE 2,5 KM	55
6 - RESULTADOS DO BALANÇO DE MOVIMENTO DE TERRA.....	59

ANEXO - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO DE TERRAPLENAGEM DO 1º TRECHO DO CAC



1 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

2 - ESTUDOS TOPOGRÁFICOS

Neste “Projeto Executivo do 1º Trecho Jati / Rio Cariús com 153,6 km, do Cinturão de Águas do Ceará - CAC”, realizou-se serviço de levantamento aerofotogramétrico e perfilamento a laser para geração de uma base topográfica na área do projeto. O levantamento cobriu uma área total de fotografias aéreas de aproximadamente 421 km² e uma área de perfilamento a laser de aproximadamente 320 km².

Com o referido serviço, obteve-se uma melhoria significativa na base de dados utilizada para quantificação da terraplenagem do 1º Trecho do CAC no âmbito do Projeto Executivo, obtendo-se base topográfica na escala 1:2.000 em oposição à base na escala 1:5.000 utilizada no Projeto Básico. Com o maior nível de detalhamento da superfície, foi gerada uma restituição do terreno com curvas de nível a cada metro, possibilitando uma maior precisão na quantificação da terraplenagem em relação ao projeto anterior, cuja restituição detalhava o nível do terreno a cada 5 metros.

Uma descrição detalhada sobre o processo de geração da base de dados topográfica utilizada na terraplenagem do Projeto Executivo do 1º Trecho (Jati / Rio Cariús) do CAC, pode ser obtida nos seguintes subprodutos: “Relatório do recobrimento aerofotogramétrico e do perfilamento a laser” e “Relatório de restituição estereofotogramétrica, elaboração de ortofotos e classificação dos pontos do perfilamento a laser”.

De um modo geral, o processo de elaboração da base topográfica baseou-se em dados altimétricos obtidos por perfilamento a laser associados à restituição de imagens aéreas.

Na restituição aerofotogramétrica, utilizou-se processo digital para o traçado de curvas de nível com equidistância de 1 metro, procedendo-se posteriormente a vetorização das feições topográficas sobre os modelos fotogramétricos tridimensionais.

Por sua vez, o processo de perfilamento a laser consiste na emissão de pulsos de laser em direção ao solo com uma determinada frequência (200.000 pulsos por segundo neste trabalho), registrando-se a distância da fonte emissora ao ponto no solo. Associando-se as distâncias à posição do sensor, é possível determinar as coordenadas tridimensionais de cada ponto. Nesse levantamento, o Modelo Digital do Terreno (MDT) gerado a partir do perfilamento a laser apresentou uma densidade média de 1 ponto/m².

Os pontos do Modelo Digital do Terreno derivado do perfilamento a laser foram sobrepostos aos modelos estereofotogramétricos para comprovar e analisar sua correta aderência ao terreno, procedendo-se correção manual do MDT nos locais em que o resultado foi considerado insatisfatório. A partir do MDT final, foram geradas as curvas de nível com equidistância de 1 metro, com o projeto referenciado ao Sistema Geodésico SAD 69 e WGS 84, com Sistema de Projeção UTM, fuso 24 (meridiano central 39°W).



2 - ESTUDOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS

3 - ESTUDOS GEOLÓGICOS / GEOTÉCNICOS

3.1 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA

Para o reconhecimento geológico e geotécnico da zona onde está projetado o canal, foi necessária uma pesquisa bibliográfica dos trabalhos de geologia e mapas geológicos já elaborados para a região. Além disso, foram utilizadas as conclusões obtidas durante a redação do Relatório do Projeto Básico, fundamentado em uma primeira etapa de pesquisa de campo e com realização de ensaios (sondagens rotativas, sondagens por percussão, sondagens a trado e sondagens a pá e picareta).

Após analisar toda informação disponível, em março de 2012, iniciaram-se os novos trabalhos e pesquisas de campo para a redação do Projeto Executivo. Estas consistiram em um levantamento geológico prévio a partir de afloramentos superficiais localizados no eixo e fora do eixo do canal. Para isso, foi necessária a abertura de picada prévia. Nestes afloramentos foram obtidos parâmetros geomecânicos da rocha, onde se destacam o mergulho e a direção de mergulho das descontinuidades principais, persistência, espaçamento e rugosidade das mesmas, grau de alteração e faturamento, entre outras.

Além disso, foram novamente analisados os cortes feitos na Ferrovia Transnordestina e os cortes das rodovias mais próximas, com o objetivo de prever os potenciais problemas de instabilidade nos cortes do canal.

A nomenclatura para a descrição das unidades litoestratigráficas da região é baseada nos termos adotados para o Mapa Geológico do Estado do Ceará, Escala 1:500.000 – Ministério das Minas e Energia/CPRM - Serviço Geológico do Brasil/Governo do Ceará-Secretaria de Recursos Hídricos-2003.

3.1.1 - FEIÇÕES MORFOLÓGICAS

No trecho Jati-Cariús podem ser reconhecidas três zonas geomorfológicas distintas com características peculiares do ponto de vista de litologia, relevo, clima, hidrologia e vegetação: Zona de Chapada, Zona de Talude e Zonas de Pediplano. (**Figura 2.1**)

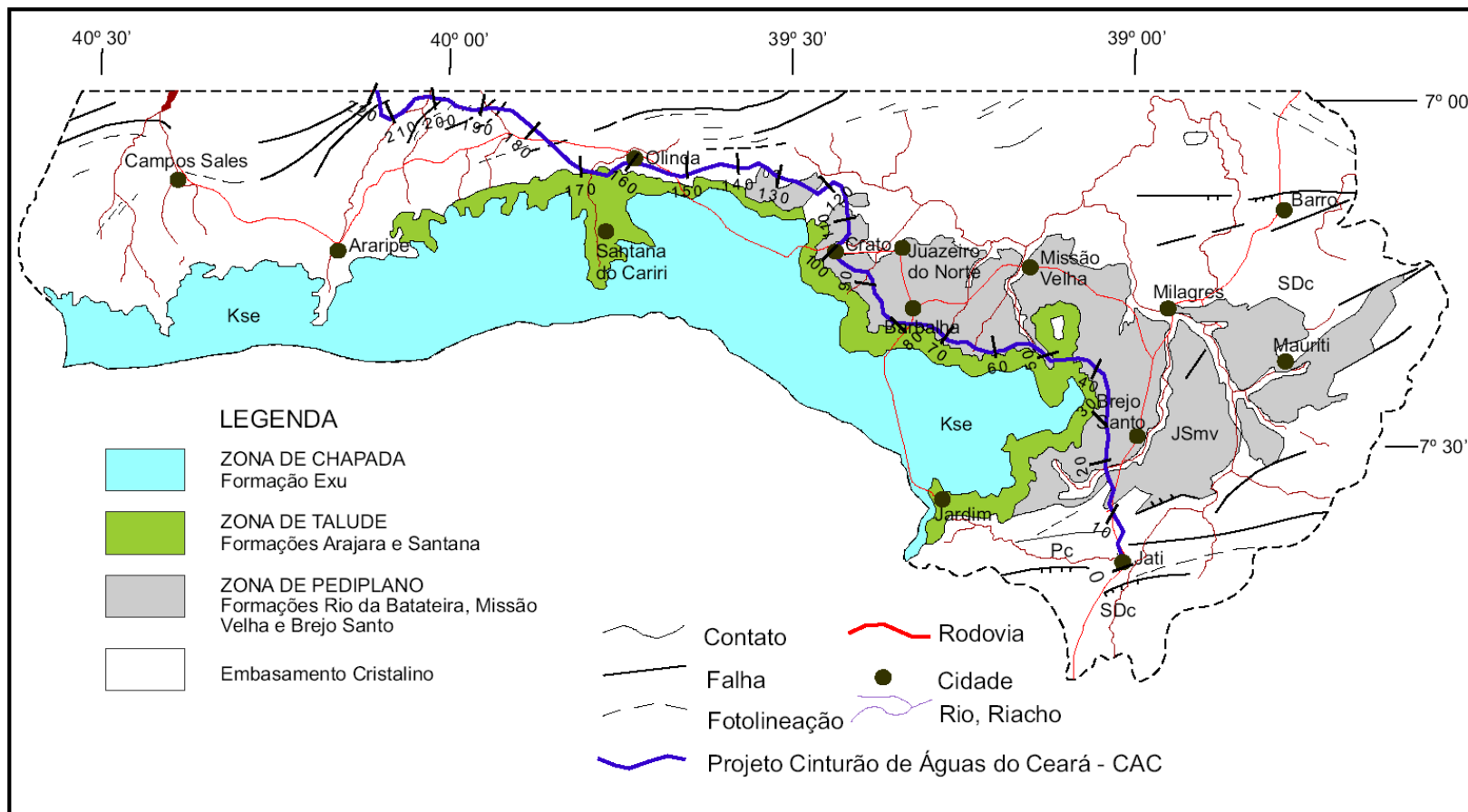
- a) **Zona de Chapada ou Chapada do Araripe:** constituída pelos arenitos da Formação Exu, apresenta relevo tabular quase plano, formando uma extensa “mesa” limitada em quase toda sua extensão por escarpas abruptas, de contornos irregulares e desníveis consideráveis, que chegam a ultrapassar 300 metros. Dois segmentos podem ser individualizados nesta zona: o primeiro, localizado no limite entre os estados de Pernambuco e Ceará, estende-se na direção EW, cobrindo uma superfície com aproximadamente 180 quilômetros de comprimento e largura variável entre 30 e 50 quilômetros, constituindo o divisor de água das bacias hidrográficas dos rios São Francisco ao sul e Jaguaribe ao norte. Na porção mais ocidental da bacia, nos limites dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí, esta zona sofre uma inflexão de noventa graus e estende-se, na direção NS, por cerca de 60 quilômetros com largura média de 20 quilômetros, constituindo-se, assim, outro segmento que funciona como o divisor de águas das bacias hidrográficas dos rios São Francisco, a leste e Parnaíba, a oeste. As altitudes da chapada, no primeiro



segmento, decrescem no sentido EW, atingindo elevação máxima (1.000m) e mínima (700m). A ausência quase total de drenagem no topo da chapada está diretamente relacionada às características do solo que a recobre, pois sendo o mesmo oriundo de arenitos, apresenta-se bastante uniforme, essencialmente arenoso, poroso e permeável, não oferecendo, portanto, quaisquer condições para o desenvolvimento de uma boa rede de drenagem. A vegetação nativa é uniforme, densa e de médio a grande porte. Devido às características do solo, extensas áreas encontram-se cultivadas, destacando-se a lavoura da mandioca, utilizada na fabricação de farinha. O traçado do CAC está fora dessa feição morfológica.

- b) **Zona de Talude:** margeia o sopé da chapada e inclui, geologicamente, unidades litológicas das formações Arajara (siltitos e arenitos argilosos e/ou caulínicos) e Santana (margas, folhelhos e calcários, contendo níveis intercalados de gipsita). O solo de baixa acidez, derivado desta associação litológica, é espesso, pouco permeável e bastante fértil, com drenagem relativamente densa e ramificada. No contato entre as formações Exu (na base da escarpa) e Arajara e no âmbito desta última formação, existem centenas de exutórios naturais de água (fontes), responsáveis pelo desenvolvimento da vegetação exuberante exibida por esta feição fisiográfica. O traçado do CAC não intercepta esta feição.
- c) **Zona de Pediplano:** bem representada na porção cearense da bacia, constitui uma “vasta depressão, emoldurada, ao sul, pelas falésias escarpadas da Chapada do Araripe (a chamada Serra do Araripe) e, ao norte e nordeste, pelas encostas dos arenitos siluro-devonianos da Formação Mauriti” (Ponte 1991). A sua área de domínio se desenvolve desde a região do Crato – Juazeiro do Norte – Barbalha – Missão Velha, até os municípios de Abaiara, Milagres e Mauriti a leste, e Brejo Santo, Porteiras e Jardim ao sul, mostrando uma topografia, com altitude média em torno de 400 metros, caracterizada por morros alongados entremeados por vales amplos de fundo plano. As litologias predominantes no Vale do Cariri, como é chamada esta zona, relacionam-se às formações Brejo Santo e Missão Velha (Jurássico), Abaiara e Rio da Batateira (Cretáceo), estando este conjunto balizado ora pelos arenitos da Formação Mauriti ora pelas rochas do embasamento cristalino pré-cambriano. Os solos oriundos das unidades litológicas têm composição argilo-siltica-arenosa (formações Rio da Batateira e Abaiara), arenosa (Formação Missão Velha) ou argilosa (Formação Brejo Santo) e a vegetação nativa, onde preservada, é tipicamente de caatinga. O principal curso d’água que drena o vale é o Rio da Batateira, cujos riachos tributários são alimentados pelas fontes localizadas nas vertentes da Chapada do Araripe. Devido às características do solo e aos mananciais de águas subterrâneas e superficiais, a agricultura é bem desenvolvida, observando-se extensas áreas cultivadas com cana-de-açúcar, feijão, milho, arroz, dentre outras culturas.

Figura 2.1- Zonas Fisiográficas da Parte Leste da Bacia do Araripe (Esboço)



Fonte: Avaliação Ambiental da Região do Cariri - CPRM – Serviço Geológico do Brasil – 1996

3.1.2 - GEOLOGIA REGIONAL

No âmbito regional, considerando-se o mapa de distribuição das bacias interiores do paleozoico, a área em estudo está inserida na Bacia de Araripe, intracratônica, depositada sobre rifts de direção NE-SW e, quanto à formação tectônica, de acordo com o Sistema Global de Classificação de Bacias de Kingston et al.(1983), é classificada como do tipo de Fratura Interior (IF), produzida por esforços distensivos (fase Pré-rift), e Depressão Interior (IS), depositaram-se as Formações Mauriti (Siluro-Devoniana), composta por conglomerados e arenitos conglomeráticos, componentes de leques aluviais; Brejo Santo (Jurássico) com folhelhos, argilitos e siltitos de origem lacustre; Missão Velha, também Jurássica, que se consiste de depósitos de rios meandrantés.

A fase Rift (IF) é representada pela Formação Abaiara, ainda de idade Jurássica, formada por depósitos de sistemas flúvio-lacustre, sintectônicos.

Finalmente, na fase Pós Rift, foram depositadas as Formações aptiano-albianas Rio da Batateira, composta por arenitos conglomeráticos, granodécrescentes para arenitos, siltitos e folhelhos, calcários, argilas, margas e evaporitos de ambiente marinho restrito, e Arajara, composta por sedimentos terrígenos de granulação fina, de ambientes lagunar e litorâneo. As ocorrências fossilíferas estão no Membro Crato da Formação Santana. Discordante sobre essas unidades está a Formação Exu, composta por arenitos argilosos de depósitos de canal e argilitos de planície de inundação, interpretados como de rios meandrantés.

A bacia do Araripe encontra-se sobre a Província Borborema, uma província geotectônica pré-cambriana de estruturação complexa localizada no Nordeste do Brasil. Possui lineamentos de direções E-W e NE-SW, dentre os quais se destacam dois, Lineamento de Patos e Lineamento de Pernambuco (ao sul), ambos de direção E-W, que delimitam a “Zona Transversal” (Ponte & Ponte Filho, 1996), dentro da qual se encontra, mais precisamente, a bacia. Sua forma é alongada segundo o eixo E-W e fortemente compartimentada por falhas reativadas do embasamento pré-cambriano. Considerando seu arcabouço estrutural, pode ser dividida em duas sub-bacias, sub-bacia do Cariri (ou leste) e sub-bacia de Feitoria (ou oeste), separadas pelo alto estrutural denominado “horste Dom Leme”. Assim, sua estrutura geral é dominada por lineamentos NE-SW, à exceção da sub-bacia do Cariri, que representa um gráben de orientação NW-SW delimitado pelas falhas de Porteira e Missão Velha (q.v. Ponte & Ponte Filho, 1996).

A área estudada envolve unidades estratigráficas do pré-cambriano, mesozóico e cenozóico. As rochas sedimentares mesozóicas da bacia do Araripe predominam sobre as demais, recobrando aproximadamente 61,4% da superfície. O restante está representado por litologias do embasamento cristalino (23,4%) e coberturas sedimentares recentes constituídas por coluviões e aluviões (15,2%).

Apresenta-se no **Quadro 2.1**, a seguir, as considerações lito-estratigráficas simplificadas para a área em estudo.



Quadro 2.1 - Coluna Lito-Estratigráfica

Coluna Estratigráfica		Lito-Estratigrafia		Símbolo
Era	Período	Grupo	Formações	
Cenozóica	Quaternário		Aluviões e Colúvios	NQc
	Terciário			
Mesozóica	Cretáceo	Araripe	Arajara	K1aa
			Santana	K1as
			Rio Batateira	K1arb
		Vale do Cariri	Abaiara	K1va
			Missão Velha	J3k1vm
			Brejo Santo	J3vb
Paleozóica	Siluriano		Mauriti	Sm
Embasamento Cristalino	Pré-Cambriano	Cachoeirinha		NPcsg NP3y3i NP3y2i

Fonte: Adaptada de Ponte (1992)

Em seguida realiza-se uma descrição detalhada das formações mais importantes da região:

- Grupo Cachoeirinha (NPcsg, NP3y3i, NP3y2i): caracteriza-se por um conjunto de rochas vulcanossedimentares e metamórficas, constituído por uma associação de micaxistos, filitos, quartzitos, calcários metamórficos, metassiltitos, podendo surgir partes ígneas de natureza granítica em forma de stocks e batólitos cortando a sequência vulcanossedimentar, conforme os estudos de França et alii, 1980 e Gomes et alii, 1981 – Projeto RADAMBRASIL.
- Formação Mauriti (Sm): termo introduzido por Gaspar e Anjos, 1974, sendo esta formação denominada em estudos anteriores de Tacaratu (Braun, 1966) e Cariri (Beurlen, 1962). Litologicamente esta formação se constitui na base da coluna sedimentar da Bacia do Araripe, repousando em discordância com o embasamento cristalino e compreende sedimentos terrígenos de origem fluvial e lóica (Ponte, 1992a), constituído por arenitos claros, médio a grosseiros (fluvial) sobre arenitos finos (eólico). Às vezes, apresentam-se silificados, quartzíticos e até felpáticos, principalmente próximo às áreas de falhamentos.
- Grupo Vale do Cariri
 - Formação Brejo Santo (J3vb) – litologicamente é constituído, na base, por uma associação estratificada de arenitos finos, siltitos e argilitos vermelhos e, localmente, ocorrem intercalações de arenitos vermelhos. No topo, ocorrem argilitos e folhelhos vermelhos ou marrons escuros, e às vezes, verdes. A sequência litológica teve origem em sistema lacustre raso, fluvial e eólico;
 - Formação Missão Velha (J3k1vm) – aflora exclusivamente no Grupo Vale do Cariri, sendo constituída na base, por arenitos conglomeráticos e no topo, por leitões delgados de arenitos finos, argilosos e siltitos avermelhados, de origem em sistema lacustre raso, fluvial e eólico;
 - Formação Abaiara (k1va) – caracteriza-se por alternâncias bem estratificadas de arenitos micáceos cinzas, amarelos ou avermelhados, predominantemente finos, argilosos e friáveis com siltitos, argilitos e folhelhos de cores variegadas



(verde, vermelho, cinza e amarelo), originado em ambiente possivelmente flúvio-lacustre sintetônico.

- Grupo Araripe
 - Formação Rio Batateira (k1arb) – a sequência litológica se inicia por bancos de arenitos fluviais médios a grosseiros, gradando para arenitos médios a finos, siltitos argilosos bem estratificados e no topo folhelhos negros, orgânicos e fossilíferos, originados em sistema deposicional flúvio-lacustre-carbonático;
 - Formação Santana (k1as) – esta unidade está sub-dividida nos membros Crato (inferior), Ipubi (médio) e Romualdo (superior):
 - ✓ Membro Crato – situado na base da formação, compreende, da base para o topo, folhelhos cinzas, calcíferos, laminados e calcários cinza claro, argiloso e finalmente laminados, característico de ambiente deposicional lacustre;
 - ✓ Membro Ipubi – trata-se da unidade de maior interesse econômico em toda a bacia do Araripe, tendo em vista os grandes depósitos de gipsita contidos nela. Esta unidade repousa em contato normal e gradacional com a unidade anterior, sendo constituído por bancos de gipsita, contendo intercalações de folhelhos cinza e verdes, formadas em sistema deposicional de transição e marinho raso;
 - ✓ Membro Romualdo – situa-se no topo da Formação Santana, constituído por folhelhos e margas fossilíferos cinza-esverdeados com intercalações de concreções carbonáticas contendo peixes fósseis. Ainda intercalados nos folhelhos ocorrem calcários argilosos, fossilíferos na parte superior da unidade e lentes de arenitos friáveis. O contato inferior com o Membro Ipubi é marcado por uma fina camada de micro-conglomerado ou arenito conglomerático com estratificação cruzada, contendo concreções argilosas e seixos de quartzo e gipsita, originados, também em sistema transicional e marinho raso.
 - Formação Arajara (K1aa) – litologicamente é composta por siltitos, argilitos, arenitos finos argilosos e/ou caulínicos, bem estratificados, exibindo estruturas sedimentares (marcas onduladas, laminações cruzadas) e coloração variegada, predominando a tonalidades vermelha e amarela sobre as demais.
 - Formação Exu (K2ae) – arenitos médios a grossos, avermelhados, mal selecionados, por vezes conglomeráticos, friáveis e permeáveis (exceto silicificados)/ fluvial torrencial (sistema fluvial entrelaçado e meandrante).
- Coberturas Sedimentares Recentes:
 - Coberturas Sedimentares de Espriamento Aluvial (NQc) – que inclui capeamento de planaltos e coluviões Holocénicos, estão compostos por sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos de tons alaranjado, vermelhado e amarelado; apresentam-se, em certos locais, cascalhos e laterizados na base (geralmente o cimento é argiloso e ferruginoso). A presença de cores variegadas e manchas associadas a níveis de lateritização (horizonte plíntico e



horizonte pálido) indicam que estas coberturas passaram pelo processo de lateritização, que se associa à Superfície Sul Americana, de idade eoterciária.

- Depósitos de Tálus (NQt) – relacionados, predominantemente, às Formações Santana e Arajara. Representam a sedimentação quaternária local os sedimentos arenosos e depósitos de tálus arenosos com blocos de tamanhos variados que ocorrem no sopé das encostas, e os depósitos arenosos, conglomeráticos ou não, que se associam às planícies aluvionares, algumas até extensas.
- Depósitos Aluviais (localmente coluviais) (Q2a) – argilas, areias argilosas, quartzosas e quartzofeldespáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas orgânicas.

3.1.3 - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

Na área da captação e no trecho compreendido até o estaqueamento 6+540, o canal atravessa um maciço rochoso constituído por micaxistos e filitos, com intercalações de veios milimétricos a centimétricos de quartzo branco, ondulados, concordantes com a foliação, associados à Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), pertencente ao Grupo Cachoerinha. Esta litologia apresenta tonalidades cinzentas a esverdeadas em corte fresco, com a presença de sericita, muscovita e biotita. Pontualmente, por exemplo, próximo ao Est. 3+310, detecta-se uma camada de 5 a 7 m de espessura de metarenitos de cor bege, de grau fino com muscovita. Estas têm um grau de resistência maior que a rocha circundante.

Esta formação apresenta um solo de alteração de espessura reduzida, composto por siltes arenosos de cor marrom, com abundantes pedregulhos angulosos de quartzo e micaxisto de diâmetro compreendido entre 5 e 15 cm. De acordo com as sondagens realizadas no eixo, esta formação tem um nível superficial de 1,0 a 1,7 m de profundidade de rocha extremadamente a muito alterada e extremadamente fraturada, sendo friável a pouco coerente (saprolito). A menor alteração é observada nos fundos dos vales, por exemplo, no riacho Jardim perto do Est. 1+840 (**Foto 1** e **Foto 2**), onde se observa uma rocha sã e muito coerente.

Do ponto de vista estrutural, esta formação exibe uma foliação (xistosidade) bem definida com cinco famílias de juntas e diaclasamento de alta persistência. Em geral, esta foliação apresenta uma orientação NE-SW e N-S (concordante com o “trend” regional) com mergulho variável entre 15° a 85° para S e N. Esta divergência é originada pelos pregamentos e fraturas tão característicos neste tipo de rochas metamórficas. Por vezes, apresenta micropregamentos tipo “chevron”.

Devido à baixa qualidade dos afloramentos rochosos detectados no eixo, foi imprescindível uma análise detalhada dos cortes executados na Ferrovia Transnordestina e nas rodovias da região. O objetivo destas inspeções foi definir o comportamento geomecânico do maciço rochoso em cortes executados em rocha de grau A1 a A0 e aplicar depois a experiência nas escavações projetadas para o canal, antecipando e minimizando as potenciais instabilidades.



Foto 1 - Corte em micaxisto e filito situado próximo ao estaqueamento 1+200



Foto 2 - Micaxisto são com veios de quartzo no fundo do sifão Jardim



As conclusões obtidas foram as seguintes:

- Quatro a seis famílias de descontinuidades (incluindo foliação) com alta persistência e espaçamento de até 0,80 m. Este espaçamento diminui para 10 a 20 cm no nível de rocha extremadamente a muito alterada;
- Alto grau de fraturamento com RQD entre 0 e 40% (maciço muito pobre a pobre). Este é aumentado pela utilização de explosivos durante a escavação;
- Padrão de fraturamento diferente nos cortes analisados. Somente, a presença de F (foliação), J1 e J2 (juntas) é generalizada. As outras, têm uma presença irregular, no entanto, são as causadoras de importantes escorregamentos em forma de cunha;
- Desmoronamento gravitatório (ravelling), que consiste em uma rotura do terreno em pequenos fragmentos e acontece quando um material de baixa resistência ao cisalhamento é descomprimido;
- Maciço rochoso totalmente descomprimido devido à escavação com recurso a explosivos e à natureza do mesmo. Juntas abertas;
- Geração pontual de cunhas de elevado volume a partir de juntas secundárias.
- Horizonte de rocha extremadamente a muito alterado e extremadamente fraturado nos primeiros 1,5 a 3,0 metros de profundidade, com juntas com preenchimento de argilas. Escorregamentos pontuais destes materiais, atuando o contato com a rocha são como superfície de deslizamento (ver **Foto 3**). Este contato pode ter infiltrações da água importantes devido ao caráter impermeável da rocha são;
- Os micaxistos/filitos sofrem um intemperismo elevado a longo prazo, causado pela infiltração da água através das fraturas;
- Pontualmente, os filitos apresentam um plano de foliação com rugosidade lisa, quase espelho de falha (ver **Foto 4**);
- Problemas de escorregamento planar importantes quando a foliação (xistosidade) e a orientação dos cortes são paralelas.

Neste trecho as escavações serão quase por completo em material de terceira categoria que precisaria a utilização de explosivos. A partir da análise geomecânica dos cortes já executados e dos afloramentos rochosos localizados no eixo, são recomendadas as seguintes inclinações para cada nível de terreno observado nas sondagens (**Quadro 3.2**).

Quadro 3.2 – Recomendações para cada nível de terreno

Zona Geotécnica	Nível	Inclinação do Corte a Longo Prazo
1 e 2	Solo residual e rocha extremadamente a muito alterada (A4 a A3)	3H:2V (34°) com bermas a cada 5 metros de altura e 5 m de largura com drenagem
3	Rocha são a pouco alterada (A1 a A0)	1H:1V (45°) com berma a cada 5 metros de altura e 5 m de largura com drenagem



Foto 3 - Escorregamento de solo residual e rocha extremadamente alterada na Transnordestina



Foto 4- Rugosidade lisa em filitos no sifão BR-116 (1)



Nos trechos onde a foliação seja paralela ao corte, existe um importante risco de escorregamento planar através da mesma. Nestes locais se evitaria descalçar o plano de foliação, sendo os cortes mesmo mergulho que esta.

Após a escavação será necessário o saneamento de todos os blocos e cunhas que poderão ser instáveis para evitar riscos para os funcionários da obra.

Por outro lado, detectaram-se quatro corpos ígneos (plutônicos) inseridos nesta formação, nos estaqueamentos 1+160 a 1+400, 2+690 a 2+860, 4+170 e 4+290 a 4+320. Tratam-se de granitos e granodioritas de granulação fina a meia, com foliação magmática, pertencentes ao grupo Supersuíte Granitoide Sin-Tardi-Orogênico. Na **Foto 5**, observa-se a transição entre a Formação Santana dos Garrotes e os granitos.



Foto 5 - Transição micaxisto e granitos (Canal 2)

Do ponto de vista estrutural, estes corpos graníticos, têm uma disposição espacial irregular dentro da Formação Santana dos Garrotes, sendo o diaclasamento bastante caótico, no entanto, ocorrem com frequência duas juntas transversais de muita persistência.

Quanto ao grau de alteração, o nível situado no Canal 2 (1+160 a 1+400), apresenta um nível superficial de solos de alteração que pode atingir 2 metros de espessura. Estes solos são compostos por blocos de granito que podem atingir 1,5 m de espessura envolvidos em uma matriz de areia grossa. Não obstante, os corpos graníticos do Canal 3, afloram com um grau de alteração tipo A1, sendo estes resistentes (**Foto 6**).

A escavação destes corpos ígneos será mediante explosivos, podendo ser aproveitados para britagem de recobrimento de aterros.



Foto 6 - Afloramento superficial de granito são no estaqueamento 2+760 (Canal 3)

A partir do estaqueamento 6+540 até 7+400, a Formação Missão Velha (J3K1vm), sobrepõem-se discordantemente aos micaxistos e filitos da Formação Santana dos Garrotes. Neste trecho encontra-se a escavação mais importante dos primeiros 20 km do canal, atingindo profundidade superior a 20 m na zona mais elevada. As sondagens rotativas (11) e por percussão (4) executadas, apresentam uma variabilidade longitudinal e transversal muito importante em um espaço relativamente pequeno (550 m), tendo sondagens inteiramente em rocha sã (Formação Santana dos Garrotes) e sondagens em solos (Formação Missão Velha).

Estes solos estão constituídos por um silte arenoso às vezes argiloso de coloração vermelha, com uma coesão importante. Segundo os ensaios de percussão realizados poderia classificar-se como dura ($N_{30} > 19$). Na zona mais superficial se observa uma camada de pedregulhos arredondados de arenitos de coloração vermelha em matriz de areia siltosa. A Formação Santana dos Garrotes é superficial nas estacas 6+500 e 6+700, sendo uma alternância de metasiltitos cinzas e filitos cinza escuras. Não obstante, nas estacas 6+600, 6+800 e 6+900, apresenta um nível de solos importante.

Igual que no trecho anterior, aplicaram-se as seguintes inclinações durante os trabalhos de escavação (**Quadro 2.3**):

Quadro 2.3 – Recomendações para cada nível de terreno

Zona Geotécnica	Nível	Inclinação do Corte a Longo Prazo
1 e 2	Solo residual e rocha extremadamente a muito alterada (A4 a A3)	3H:2V (34°) com bermas a cada 5 metros de altura e 5 m de largura com drenagem
3	Rocha sã a pouco alterada (A1 a A0)	1H:1V (45°) com berma a cada 5 metros de altura e 5 m de largura com drenagem

A zona de contato entre as duas formações poderia ter filtrações de água instabilizando os solos suprajacentes.

Desde o estaqueamento 7+300 até 8+300 (Canal 4), ocorrem novamente os micaxistos e filitos da Formação Santana dos Garrotes, com as mesmas características descritas no primeiro trecho. Dada a baixa declividade das encostas não se prevêem importantes escavações.

A partir do estaqueamento 8+300 (Sifão BR-116 (2)) até 14+000 (Final do Sifão Ferrovia), surge novamente a Formação Missão Velha, que às vezes é atravessado pelos depósitos aluviais do Quaternário (ver **Foto 7**). Os ensaios de percussão realizados neste trecho identificaram importantes camadas de solo residual e de rocha extremamente alterada, que podem atingir mais de 15 metros de profundidade. Estes materiais podem ser uma excelente jazida para a construção de aterros, os quais serão verificados mediante ensaios Proctor Normal e CBR.

Nesta formação é recomendável uma escavação com cortes de pendente inferior a 1,5H:1V (34°) para os solos residuais e 1H:1V (45°) para a rocha alterada, com bermas de 5 metros de largura cada 5 metros de altura, provido de drenagem. Estas inclinações além de evitar os escorregamentos, ajudariam a formação de vegetação.

Finalmente, os cortes deverão de ser revegetados para evitar a erosão superficial, mediante a fixação de mantas orgânicas ou geossintéticos no talude, completados com uma hidro-semeadura e plantação de vegetação local capaz de suportar épocas de seca.



Foto 7 - Contato discordante entre depósitos aluviais e arenitos da Formação Missão Velha

A partir do estaqueamento 14+000 até 14+200, ocorre uma nova formação constituída por granitoides porfiríticos cinzentos de granulometria média a grossa. Trata-se de um corpo plutônico intrudido nos metassedimentos da Formação Santana dos Garrotes. Ocorrem na área em forma de blocos de matacões (ver **Foto 8**), com colorações cinza claro e cinza escuro e esverdeado, maciço, mostrando uma certa orientação dos minerais, textura cataclástica evidenciada pelos porfiroblastos de feldspatos em forma de *augens* orientados e rotacionados. Na **Foto 9**, observa-se a alteração típica destas rochas. A rocha apresenta variações quanto ao grau de alteração desde muito alterado e pouco coerente a sã, muito coerente e dura. Na maior parte do sub-trecho ocorrem blocos e matacões soltos, dispersos em

encosta de maciço residual (ver **Foto 10**), marcando o processo de intempérie diferenciado entre os dois tipos de formação geológica, caracterizando uma feição típica de depósito de tálus, oferecendo uma condição de instabilidade. As seis sondagens rotativas feitas nesta formação confirmaram as observações de campo.

Se bem inicialmente o traçado do canal foi projetado pelas encostas íngremes geradas por esta formação, esta alteração diferencial dos granitos, junto com a presença de matacões soltos e a proximidade da Ferrovia Transnordestina, obrigaram mudar o eixo fazendo um sifão de aproximadamente 1km de comprimento através do fundo do vale.



Foto8 – Matacões de granito intrudidos em rocha alterada

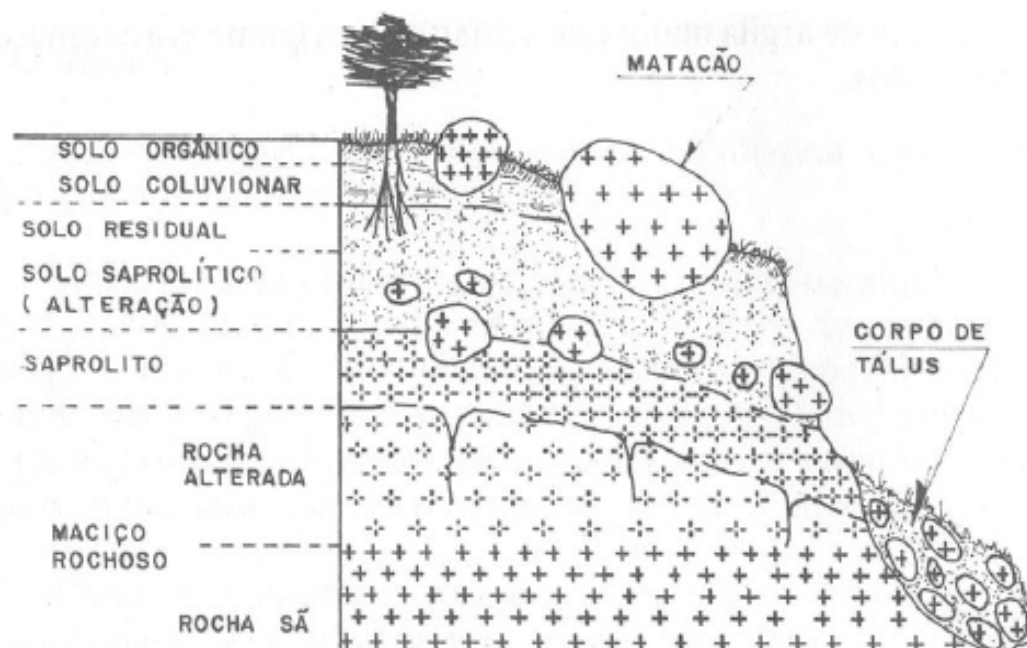


Foto 9 – Alteração típica em granitos



Foto 10 – Matacões soltos envolvidos por granito alterado

Desde o km 14+200 até 17+580, ocorrem arenitos correspondentes na Formação Mauriti (Sm). Trata-se de arenitos de granulometria média a grossa, às vezes microconglomerático, com pedregulhos isolados de quartzo angulares a subangulares (ver **Foto 11**). Esta formação gera encostas muito íngremes. Nesta área o solo é pouco espesso e ocorrem grandes blocos de arenitos e afloramentos superficiais da rocha arenítica de elevada dureza.

As estratificações são geralmente cruzadas de médio porte, tabulares planares e secundariamente acanalada, em sets com espessuras decimétricas a métricas. São interpretadas como originadas em sistemas fluviais entrelaçados (braided), com escassez acentuada da fração pelítica de planície de inundação.

Ao contrário de outras formações de arenitos, esta tem um grau de alteração entre A2 a A0 e uma elevada dureza, que gera umas encostas de muita inclinação (ver **Foto 12**).

Por outro lado, as estações geomecânicas obtidas no eixo, providenciam uma estratificação bastante constante ($E=20/353$), com duas juntas o diaclasamento vertical, de muita persistência (ver **Foto 13**). Praticamente a totalidade da escavação será em material de terceira categoria, pelo que poderão executar cortes de inclinações de 1H:V1 (45°) até 1H:3V (72°), com bermas de 5 metros largura cada 5 metros de altura e provido de drenagem. Nos primeiros metros, até o contato com a rocha sã, se executarão cortes de inclinação inferior a 1,5H:1V (34°), devido aos blocos soltos de elevado tamanho detectados no campo. Os materiais escavados poderão ser utilizados para fazer brita de proteção de aterros.



Foto 11 – Arenito de granulometria grossa microconglomerático da Formação Mauriti



Foto 12 – Encosta de muita inclinação próxima na estaca 16+500

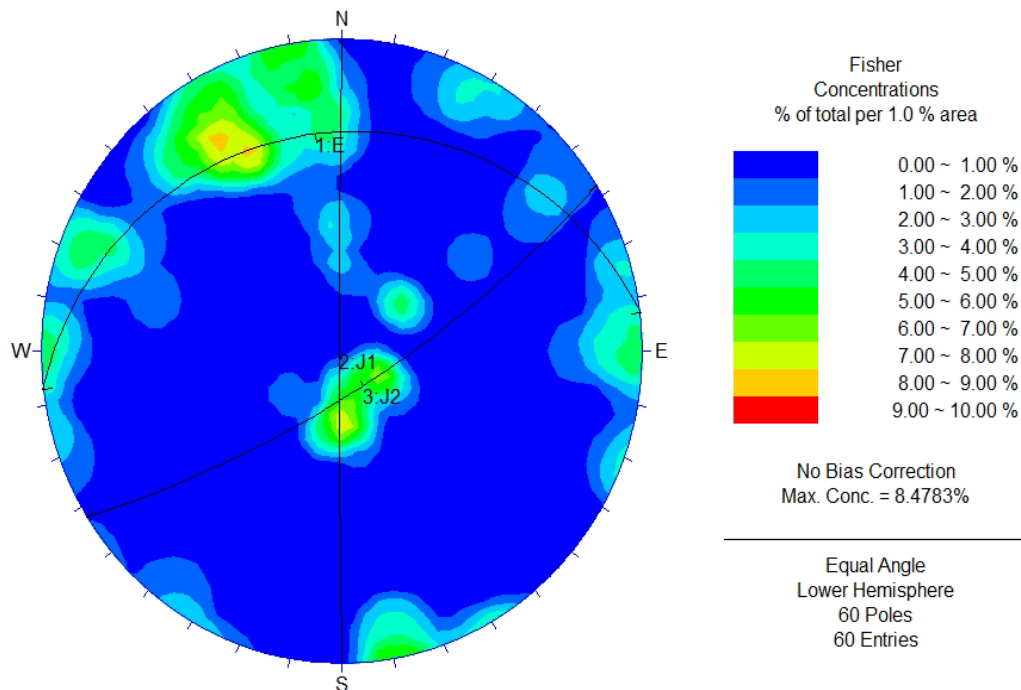


Foto 13 – Projeção estereográfica das discontinuidades principais

A partir do estaqueamento 17+580 até o emboque do Túnel Veneza, o canal novamente atravessa uma série monótona de arenitos com níveis isolados de folhelhos pertencentes à Formação Missão Velha. Estes arenitos têm uma granulometria fina a grosseira, mal selecionados, às vezes microconglomeráticos, com estratificação cruzada tabular e acanalada (ver **Foto 14**).

Pontualmente esta formação aparece recoberta ou capeada por coluviões pertencentes a Coberturas Sedimentares Neo-Quaternárias (NQc), constituídas de sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos de tons amarelos e avermelhados com áreas de concentrações de cascalhos e sedimentos laterizados, e também por depósitos aluviais sedimentados pelos riachos da zona.

Esta formação apresenta uma alteração marcada. Ensaio de percussão feitos nas duas escavações mais importantes deste trecho, sites entre as estacas 23+200 até 23+700 (profundidade máxima 18 m) e 27+100 até 28+100 (profundidade máxima de 19 m), providenciam uma espessura de solo residual importante, sendo maior parte dos cortes em material de primeira categoria. O solo residual é composto por areias siltsosas de cor marrom, plasticidade baixa, pouco compactas na penetração dinâmica SPT (ver **Foto 15**). Sob o nível de solos, encontrasse a rocha extremadamente (A4) a medianamente alterada (A2), de cor marrom claro, medianamente a muito compacta. Sondagens rotativas executadas no Túnel Sítio Alto I, providenciam a ausência de rocha sã, em profundidades de até 48 metros.



Foto 14 – Arenito alterado (A3) pertencente na Formação Missão Velha



Foto 15 – Coleta de bloco indeformado de solo residual



Trata-se uma rocha alterada escavável a ripável, com uma estratificação sub-horizontal e duas juntas quase verticais bem definidas com uma persistência importante. As encostas em rocha alterada (A3 a A2), apresentam fortes inclinações. Por exemplo, no emboque do Túnel Sitio Alto I e na encosta próxima a estaca 35+000, onde a sua coesão natural permitiu originar encostas quase verticais (ver **Foto 16**).



Foto 16 – Encosta vertical próxima ao emboque do Túnel Sitio Alto I.

Os cortes executados nesta formação poderiam ter riscos de escorregamentos típicos de solos, sendo agravados pela presença local de fontes e infiltrações de água procedentes da chapada, pelo fato destes materiais terem um caráter permeável. Além disso, a longo prazo, as fortes precipitações que ocorrem na região podem ocasionar graves problemas de erosão superficial, gerando voçorocas, que poderiam instabilizar mais os cortes.

Por isso, nesta formação é recomendável a escavação de cortes de pendente inferior a 1,5H:1V (34°) para os solos residuais e 1H:1V (45°) para a rocha alterada, com bermas de 5 metros de largura a cada 5 metros de altura, com dispositivos de drenagem, que permitam a formação de vegetação e regeneração paisagística.

Finalmente, os cortes deverão ser revegetados para evitar a erosão, mediante a fixação de mantas orgânicas ou de geosintéticos no talude, completados com uma hidrosemeadura e plantação de vegetação local capaz de suportar épocas de seca.

Desde o emboque do Túnel Veneza até o estaqueamento 114+940, depois do Túnel Boa Vista, ocorre uma outra série monótona de arenitos alterados pertencentes à Formação Rio

Batateiras, representados por arenitos finos a médios, argilosos, amarelos e cinzentos, bem estratificados (ver **Foto 17**).

Tal como na Formação Missão velha, esta formação também apresenta uma alteração acusada, não se tendo encontrando rocha sã em nenhuma das sondagens efetuadas, e tendo uma espessura de solos importante. Como exemplo estão as sondagens mistas realizadas no Túnel Veneza, onde se perfurou até uma profundidade de 60 m, sem detectar rocha sã. A estratificação também é sub-horizontal, com duas juntas importantes conjugadas. Apresentando com frequência estratificação cruzada.

Ao final deste trecho, onde se situa o Túnel Boa Vista, os arenitos aparecem com intercalações métricas de folhelhos cinza e siltitos de cor marrom, que atualmente são escavados para a indústria cerâmica.

Os cortes efetuados nesta formação vão ter as mesmas características que a Formação Missão Velha, pelo que deverão de ser estabilizados com as mesmas técnicas descritas com anterioridade. As matérias poderão ser utilizadas como empréstimo, sempre e quando não tenham níveis de folhelhos, sendo estes últimos expansivos.



Foto 17 – Arenitos alterados da Formação Rio Batateiras

A partir da estaca 114+940, muda radicalmente a litologia, voltando novamente as rochas do complexo cristalino, até a estaca 127+000. Ocorre novamente uma formação constituída por um corpo intrusivo de composição granítica e granodiorítica, de contato brusco e discordante com as unidades metassedimentares encaixantes, desenvolvendo, nas

faixas de contato, auréolas de contato, com *hornfels* e tectônica ativa de borda. O granodiorito possui uma fácies grosseira, rósea, com encraves básicos e uma fácies mais fina, de coloração mais cinza. Na área existe uma pedreira em exploração comercial (Petrobrita), em atividade. Superficialmente, há uma camada de solo residual de 2 metros de espessura média e a rocha é muito alterada, extremadamente fraturada e descontínua até profundidades em torno de 4,00 a 5,00 m, o que significa uma condição de instabilidade em taludes.

Igual que os granitóides do quilômetro 14+000, apresentam uma alteração diferencial muito importante, encontrando blocos e matacões arredondados de tamanho métrico envolvidos no horizonte de rocha alterada, resultante da ação intempérica que atuou ao longo das faturas ou zonas de menor resistência, deixando intactos grandes blocos da rocha, representando mais uma condição de instabilidade para os cortes do canal. Em uma área de exploração desativada, o corte da pedreira com aproximadamente 18,00 de profundidade, desde o topo da elevação, mostra uma camada de solo residual maduro com espessura de 1,00 m, recoberto a camada saprolítica com 3,00 m de espessura, envolvendo blocos e matacões de rocha granítica, sobreposto ao substrato rochoso que está exposto por um corte em uma espessura de aproximadamente 14,00 m em talude sub-vertical.

Por isso, se recomendam cortes de inclinação máxima de 1H:1V (45°), devido ao elevado tamanho dos matacões que poderiam instabilizar ao longo prazo, a causa da erosão da rocha alterada circundante.

A partir do km 127+000 até 133+060, o canal atravessa novamente pela Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), unidade Neoproterozóica, constituída por uma sequência vulcanosedimentar metamórfica pertence ao embasamento cristalino, representada na área pelas ocorrências de filitos, micaxistos (sericita, muscovita e biotita), de tonalidade cinzenta e esverdeada (rocha sã), metasiltitos, metarenitos e metarcóseos. Os filitos são comuns na área, podendo apresentar coloração cinzenta a esverdeada. Inspeções de campo realizadas mostram uma espessura de solo quase não existente, com um horizonte de rocha alterada de aproximadamente 1,50 m de espessura. O mergulho nesta região é subvertical mergulhando ao norte e sul. Os cortes serão em quase a sua totalidade em material de terceira categoria pelo que será necessária a utilização de explosivos para a escavação. Neste trecho se aplicarão os mesmos critérios de estabilização descritos nos primeiros quilômetros do projeto para a Formação Santana dos Garrotes.

Desde o estaqueamento 133+060 até 139+300, o eixo discorre outra vez por rochas sedimentares da Formação Mauriti (Sm), friável e extremadamente alterada (ver **Foto 18**), que serão escavados mediante retroescavadeira (1ª categoria). Esta formação gera um relevo suave, onde não se prevêem escavações importantes. Aplicar-se-ão os mesmos critérios de estabilização utilizados nas formações de arenitos Missão Velha e Rio Batateiras.

Entre os km 139+300 até 145+166, o canal atravessa novamente a Formação Santana dos Garrotes, com numerosos afloramentos superficiais (ver **Fotos 19 e 20**). Esta rocha gera um relevo abrupto, às vezes inacessível. Aplicar-se-ão os mesmos métodos de escavação e estabilização descritos anteriormente.



Foto 18 – Arenitos alterados da Formação Mauriti (Sm)



Foto 19 – Afloramento de filitos no topo do Túnel Carnaúba



Foto 20 – Afloramento de filitos em uma pista de acesso

Entre as estacas 145+166 até 146+560, coincidindo com o sifão Canoa 1, encontra-se uma língua de rochas sedimentares da Formação Mauriti (Sm). Esta apresenta um nível superior de blocos arredondados de arenito de tamanho decimétrico a métrico.

A partir do km 146+560 até o final do canal, sito no estaqueamento 149+442, o eixo discorre por uma zona muito abrupta e inacessível, com umas encostas com uma declividade ingrede. Trata-se outra vez, da Formação Santana dos Garrotes (NPcsg), com as mesmas características descritas com anterioridade. Há que destacar que no fundo dos vales a rocha apresenta um grau de alteração A1 a A0 em superfície, sendo muito coerente, pelo que deverá ser considerada na face do desenho dos sifões Canoa 2, Fundo 1 e Fundo 2.



Foto 21 – Afloramento de rocha sã no fundo do rio Cariús



Finalmente, as formações descritas anteriormente, encontram-se pontualmente cobertas por Coberturas de Espreadimento Aluvial (NQc), depósitos de Tálus (NQt) e depósitos Aluvias (localmente coluviais) (Q2a).

Por exemplo, as Coberturas de Espreadimento Aluvial (NQc), recobrem a Formação Missão Velha, entre os estaqueamentos 35+900 até 41+500, apresentando uma espessura máxima de aproximadamente 3 metros. A natureza não coerente destes blocos poderá gerar instabilidades nas cabeceiras dos cortes, pelo que estes deverão ser removidos e se necessário poderão ser utilizados, após britagem, para a proteção de aterros.



Foto 22 – Blocos soltos no km 38+600

Os Aluviões (Q2a) aparecem com maior expressão ao longo dos principais eixos de drenagem que interceptam o traçado do sistema adutor, com destaque para os rios/riachos Cariús, Porteiras, Olho d'Água, Salamanca, Batateiras e Carás. Estão compostos por cascalho e pedregulho de tamanho dessimétrico e às vezes métrico, com matriz arenosa (ver **Foto 23**). Em locais com menor energia, encontram-se sedimentos de granulometria mais fina.



Foto 23 – Depósitos aluviais próximo ao emboque do Túnel Sítio Alto I

3.2 - INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS/GEOTÉCNICAS

O programa de investigações geológicas/geotécnicas realizado anteriormente (fora do contexto do presente projeto) para o Anteprojeto e Projeto Básico, permitiu obter as primeiras informações para a realização do presente Projeto Executivo. Com este primeiro programa foi possível obter o nível de informação necessário para o desenvolvimento do Projeto Básico e identificar as zonas de maior risco geológico/geotécnico. O programa de investigações geológicas/geotécnicas do Projeto Executivo permitiu aprofundar o conhecimento sobre as zonas de maior risco e a possibilitou obter informações fundamentais para o dimensionamento das obras.

3.2.1 - SONDAGENS ROTATIVAS

As investigações realizadas com sondagem rotativa para o Projeto Executivo permitiram, até o momento, aumentar significativamente o conhecimento sobre o ambiente geológico/geotécnico do Trecho 1.1, do Túnel Sítio Alto I e do Túnel Boa Vista. O **Quadro 2.4** resume as investigações realizadas para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo.

As sondagens rotativas realizadas para o Projeto Executivo nos túneis permitiram detalhar com maior precisão o ambiente geológico/geotécnico em que se inserem estas obras. Entre as novas informações obtidas se destacam a delimitação precisa das camadas mais condicionantes do processo construtivo dos túneis. Com as sondagens realizadas nos trechos e, em particular, nas grandes escavações foi possível identificar a presença de discontinuidades que terão de ser tidas em conta quando da definição da solução construtiva.

Quadro 2.4 – Comparativo entre Sondagem Rotativa
Realizada para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo

3.2.2 - SONDAgens DE PERCUSSÃO

O **Quadro 2.5** resume as investigações realizadas com sondagem de percussão para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo:

Quadro 2.5 – Comparativo entre Sondagem de Percussão
Realizada para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo

Trecho	Projeto Básico		Projeto Executivo	
	Número de sondagens	Profundidade Total (m)	Número de Sondagens	Profundidade Total (m)
Trecho 1.1	52		229	1604
Trecho 1.2	12		12	274
Trecho 1.3	40		0	0
Trecho 1.4	7		0	0

A análise do conjunto de resultados das sondagens de percussão permitiu complementar o zoneamento geotécnico da faixa em que se insere o projeto. Em particular na classificação de escavabilidade dos materiais onde as obras se inserem.

3.2.3 - SONDAgens A TRADO

O **Quadro 2.6** resume as investigações realizadas com sondagem a trado para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo.

Quadro 2.6 – Comparativo entre Sondagem a Trado
Realizada para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo

Trecho	Projeto Básico		Projeto Executivo	
	Número de Sondagens	Profundidade Total (m)	Número de Sondagens	Profundidade Total (m)
Trecho 1.1			168	733
Trecho 1.2			3	5
Trecho 1.3				
Trecho 1.4				

Em conjunto com as sondagens de percussão, as sondagens a trado permitiram detalhar com maior precisão o modelo digital do terreno.

3.2.4 - POÇOS DE INSPEÇÃO

O **Quadro 2.7** resume as investigações realizadas com poços de inspeção para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo:



Quadro 2.7 – Comparativo entre Poços de Inspeção
Abertos para o Projeto Básico e para o Projeto Executivo

Trecho	Projeto Básico		Projeto Executivo	
	Número de Sondagens	Profundidade Total (m)	Número de Sondagens	Profundidade Total (m)
Trecho 1.1	144		329	458
Trecho 1.2	39		105	126
Trecho 1.3	60		12	33
Trecho 1.4	33		7	8



3 - CRITÉRIOS DE CÁLCULO PARA OS VOLUMES DE ESCAVAÇÃO E ATERRO

4 - CRITÉRIOS DE CÁLCULO PARA OS VOLUMES DE ESCAVAÇÃO E ATERRO

As bases de dados topográfica e geotécnica, previamente descritas, serviram de base para a geração de modelos digitais representando a superfície do terreno e a superfície de transição entre o solo e o topo da camada rochosa, respectivamente.

A partir dos modelos digitais do terreno e do topo rochoso, juntamente com o traçado do canal em planta, procedeu-se a determinação das seções-tipo ao longo do traçado, de acordo com as condições geotécnicas. Tal procedimento foi realizado de maneira automática, utilizando o software AutoCAD CIVIL 3D, resultando no modelo tridimensional do canal, compatível com a topografia.

Através da sobreposição do modelo tridimensional do canal às superfícies com informações topográficas e geotécnicas, foi possível identificar os locais de ocorrência de escavações e aterros e quantificar os respectivos volumes, utilizados na simulação do balanço de materiais terrosos ao longo do caminhamento do canal.

A seguir são detalhados os critérios e procedimentos empregados no projeto de terraplenagem do 1º Trecho Jati / Rio Cariús do CAC.

4.1 - SEÇÃO TIPO DE ESCAVAÇÃO

O cálculo dos volumes de escavação baseou-se na identificação das seções onde o canal apresentou-se total ou parcialmente sob a linha do terreno natural. Uma vez verificada essa condição no modelo tridimensional do terreno, procedeu-se a classificação como seção de corte (seção totalmente situada abaixo do terreno) ou seção mista (apenas parte da seção situada sob a linha do terreno), aplicando-se ao modelo a seção-tipo correspondente.

A seção-tipo nas seções de corte foi determinada com base no material a escavar, tendo sido definidas a Seção Típica dos Canais em Corte em Material de 1ª e 2ª Categoria e a Seção Típica dos Canais em Corte em Material de 3ª Categoria.

A Seção Típica dos Canais em Corte em Material de 1ª e 2ª Categoria (**Figura 3.1**) apresenta as seguintes características:

- Seção hidráulica padrão, com 5,0 m de largura no fundo, 17,6 m de largura no topo e 4,2 m de altura;
- Berma de 6,2 m de largura a partir do topo da seção hidráulica, com declividade de 2% no sentido oposto ao canal;
- Talude com até 5,0 m de altura e declividade 1,5H:1V, seguido de plataforma com 5,0 m de largura e declividade de 2% no sentido oposto ao canal. Esse elemento é reproduzido até que a seção de corte encontre o terreno natural.



Figura 3.1 – Seção Típica dos Canais em Corte em Material de 1ª e 2ª Categoria



Por sua vez, a Seção Típica dos Canais em Corte em Material de 3ª Categoria (**Figura 3.2**) apresenta as seguintes características:

- Seção hidráulica padrão, com 5,0 m de largura no fundo, 17,6 m de largura no topo e 4,2 m de altura;
- Berma de 6,2 m de largura a partir do topo da seção hidráulica, com declividade de 2% no sentido oposto ao canal;
- Talude com até 5,0 m de altura e declividade 1H:1V, seguido de plataforma com 5,0 m de largura e declividade de 2% no sentido oposto ao canal. Esse elemento é reproduzido até que a seção de corte encontre o terreno natural.

As áreas de escavação em cada uma das seções transversais do canal (espaçadas de 20 metros) foram obtidas através da comparação de sua seção, devidamente posicionada, com as superfícies do terreno e do topo rochoso. Os volumes correspondentes foram obtidos pelo produto das áreas de escavação pela distância entre seções transversais consecutivas. Todo esse procedimento de cálculo de volumes de escavação foi realizado automaticamente através de rotina do software AutoCAD CIVIL 3D.

4.2 - SEÇÃO TIPO DE ATERRO

Em procedimento similar ao referente às escavações, os volumes de aterro ao longo do 1º Trecho do CAC foram calculados com base na identificação das seções onde o canal apresentou-se total ou parcialmente acima da linha do terreno natural. No modelo tridimensional do terreno, as seções transversais que apresentaram essa condição foram classificadas como seção de aterro (seção totalmente situada acima do terreno) ou seção mista (apenas parte da seção situada sobre a linha do terreno), aplicando-se ao modelo a seção-tipo correspondente.

A Seção Típica dos Canais em Aterro (**Figura 3.3**) apresenta as seguintes características:

- Seção hidráulica padrão, com 5,0 m de largura no fundo, 17,6 m de largura no topo e 4,2 m de altura;
- Berma de 6,2 m de largura a partir do topo da seção hidráulica, com declividade de 2% no sentido oposto ao canal;
- Talude com até 10,0 m de altura e declividade 1,5H:1V;
- Para seções com altura superior a 10,0 m, segue-se um talude com até 10,0 m de altura e declividade 2H:1V;
- Para seções com altura superior a 20,0 m, segue-se um talude com declividade 2,5H:1V até encontrar o terreno natural.

Na simulação do material terroso, considerou-se uma restrição com relação à natureza do material utilizado nas seções de aterro. Admitiu-se que a parcela superior da seção até uma profundidade de 5,50 m deveria ser executada com material exclusivamente de 1ª categoria. Abaixo desse limite, se permite a utilização de material menos nobre, podendo o aterro ser executado com material de 1ª, 2ª e/ou 3ª categoria. Mesmo nessa porção inferior dos aterros, priorizou-se o uso de material de escavação obrigatória de melhor qualidade. Portanto, o material de 2ª categoria só seria utilizado em casos de escassez de material de 1ª categoria, e somente após todo o seu uso, o material de 3ª categoria seria aproveitado.

Figura 3.2 – Seção Típica dos Canais em Corte em Material de 3ª Categoria



Figura 3.3 - Seção Típica dos Canais em Aterro

As áreas de aterro em cada uma das seções transversais do canal (espaçadas de 20 metros) foram obtidas através da comparação de sua seção, devidamente posicionada, com a superfície do terreno. Os volumes correspondentes foram obtidos pelo produto das áreas de aterro pela distância entre seções transversais consecutivas. Todo esse procedimento de cálculo de volumes de aterro foi realizado automaticamente através de rotina do software AutoCAD CIVIL 3D.

Nos casos de seções mistas, caracterizadas pela ocorrência de escavação e aterro na mesma seção, segue-se o padrão ilustrado na **Figura 3.4** (Seção Típica Mista), aplicando-se os critérios de escavação para a parcela situada sob o terreno natural, e os critérios de aterro para a parte da seção acima da linha do terreno.

4.3 - CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE MATERIAIS

O balanço de material terroso ao longo do 1º Trecho do CAC teve como premissa básica o aproveitamento ótimo do material trabalhado, utilizando-se nos aterros o material de escavação obrigatória. Portanto, a primeira etapa do trabalho consistiu na identificação dos volumes de escavação e aterro associados a cada uma das seções transversais, espaçadas de 20 metros.

Nas seções de corte, realizou-se uma classificação do material escavado de acordo com a posição do topo rochoso, abaixo do qual se encontra o material de 3ª categoria. Acima da superfície que indica a ocorrência de rocha, a classificação do material foi realizada aplicando-se coeficientes pré-definidos. Admitiu-se que 70% da escavação nessas condições corresponderiam ao material de 1ª categoria e os 30% restantes seriam referentes ao material de 2ª categoria.

Em relação ao aproveitamento do material de escavação obrigatória, é sabido que parte do material escavado é imprestável para a realização de aterro, devendo esta parcela ser descartada para não comprometer a qualidade e a segurança da obra.

Nesse sentido, o projeto de terraplenagem objeto deste relatório previu que o material de escavação obrigatória não utilizado em aterros converter-se-ia em bota-fora. Para a determinação dos volumes disponíveis para aterro, foram utilizados os seguintes coeficientes de aproveitamento:

- Material de 1ª categoria – 80% de aproveitamento;
- Material de 2ª categoria – 80% de aproveitamento;
- Material de 3ª categoria – 50% de aproveitamento nos Lotes 1, 2 e 3 e 70% de aproveitamento no Lote 4.

Os coeficientes variáveis de aproveitamento do material de 3ª categoria, adotados no projeto, devem-se à utilização como proteção de taludes do material não aproveitável em aterro. O projeto prevê que o que seria classificado como bota-fora nessa categoria, deverá ser conduzido a unidades de britagem para a produção de brita que recobrirá todos os taludes, formando uma camada de proteção com profundidade de 30 cm.



Figura 3.4 - Seção Típica Mista

Assim, o coeficiente de aproveitamento do material de 3ª categoria foi definido como o excedente do volume necessário para a execução da proteção de taludes, adotando-se limites mínimo e máximo de 50% e 70% de aproveitamento.

Para efeito de terraplenagem, foi admitido também que, nas seções de aterro, uma camada de expurgo com profundidade de 20 cm seria removida e considerada como bota-fora, aumentando assim o volume necessário para a realização do aterro. Esse critério se deve à presença de material orgânico nas camadas mais superficiais de solo, tornando-a imprestável para servir de base para o aterro sobreposto e inaproveitável para a utilização devido a sua baixa resistência. A **Figura 3.5** ilustra os critérios de execução das seções em aterro.

Ainda no que se refere aos aterros, admitiu-se que, após compactação, o material sofreria redução volumétrica. Para compensar essa perda de volume, previu-se a aplicação de um coeficiente de majoração de 15%, ou seja, o volume líquido de aterro necessário é igual ao volume calculado de aterro acrescido de 15%.

Figura 3.5 - Critérios de execução das seções em aterro



4 - IDENTIFICAÇÃO DAS ÁRES DE EMPRÉSTIMO E BOTA-FORA

5 - IDENTIFICAÇÃO DAS ÁRES DE EMPRÉSTIMO E BOTA-FORA

O projeto de terraplenagem do 1º Trecho do CAC prevê o uso preferencial de material de escavação obrigatória nos aterros, reduzindo assim os impactos decorrentes da exploração desnecessária de jazidas bem como aqueles associados à disposição grandes volumes de material de bota-fora.

No entanto, é possível que após a compensação entre escavação e aterro, ocorram déficits de material, sendo necessária a obtenção de material terroso adicional para a execução dos trechos em aterro.

Nesse contexto, previu-se neste projeto de terraplenagem a exploração da faixa lateral, contígua ao canal e dentro dos limites da faixa de domínio, para a produção de material terroso. Tal procedimento deve ser realizado seguindo rigorosamente os critérios aqui estabelecidos, evitando-se assim que os movimentos de terra representem risco para a segurança e o adequado funcionamento da obra de transposição de bacias.

A área explorável na faixa lateral ao canal inicia-se a 20 metros de distância da base do aterro, evitando-se qualquer interferência direta com a estrutura do mesmo. A partir desse ponto, é admitida escavação com no máximo 5,0 metros de profundidade e taludes laterais com declividade 2H:1V. Deve ser respeitado ainda um offset de 10 metros entre a faixa de empréstimo e o limite da faixa de domínio.

Tendo em vista os fatores limitantes para a escavação da faixa lateral, os volumes exploráveis variam de acordo com a largura do aterro na respectiva seção. A Figura 7 ilustra os critérios de exploração das faixas de empréstimo lateral, enquanto que na Figura 8 apresentam-se os volumes exploráveis na faixa lateral ao longo do 1º Trecho do CAC.

Adicionalmente, realizou-se exploração geotécnica no entorno de todo o caminhamento do canal para a identificação de outras jazidas que pudessem vir a ser exploradas caso o material de escavação obrigatória e os empréstimos laterais na faixa de domínio não fossem suficientes para a execução dos aterros. A identificação de jazidas seguiu os seguintes critérios:

- Limitação da distância máxima de transporte a 5 km;
- Distribuição das jazidas de forma homogênea ao longo do traçado, com volume médio da ordem de 150.000 m³/km (já consideradas as jazidas dentro da faixa de domínio).

Uma vez identificadas, as jazidas foram estudadas quanto à profundidade do material aproveitável em aterro. Os volumes brutos foram então calculados e os volumes aproveitáveis foram estimados considerando-se um coeficiente de aproveitamento do material escavado de 80%.

Para fins de balanço de material, buscou-se utilizar preferencialmente como áreas de jazida as faixas laterais de empréstimo. Somente nos casos em que o material disponível não foi suficiente ou quando a distância de transporte inviabilizou o uso de material oriundo da faixa de domínio do canal, foi prevista no balanço a exploração de jazidas fora dessa área. O

material disponível em jazidas e não considerado no balanço foi mantido como reserva para o preenchimento de possíveis déficits decorrentes das incertezas inerentes ao método empregado, tais como a estimativa da profundidade do topo rochoso e dos coeficientes de aproveitamento de materiais de escavação.

A **Figura 4.1** ilustra de forma esquemática a planta baixa e uma seção transversal do canal com os critérios de exploração da faixa de empréstimo lateral. No Capítulo 6 de Resultados estão indicados os volumes líquidos disponíveis de empréstimo lateral e jazidas.

De forma análoga, o processo de cálculo do balanço de materiais terrosos deste projeto de terraplenagem prevê a disposição de material de bota-fora preferencialmente na faixa de domínio da obra visando reduzir os impactos ambientais decorrentes do seu descarte inadequado. Os volumes de bota-fora aqui mencionados referem-se à soma das seguintes parcelas: material de escavação obrigatória não aproveitável; camada de expurgo nas seções de aterro; sobra do material de escavação obrigatória aproveitável.

O material referente a expurgo, com elevado teor de matéria orgânica, deve ser espalhado na área desmatada da faixa de domínio formando uma camada superficial e facilitando, assim, a recomposição da vegetação.

O restante do material de bota-fora deverá ser disposto de acordo com a seguinte ordem de prioridade:

1. Paralelamente ao canal e de forma contígua ao maciço de terra somente ao longo das seções de aterro, promovendo o seu “engordamento”. Em nenhuma hipótese deverá se dispor material de bota-fora nas proximidades de seções de corte, sob o risco de desmoronamento e aterramento da seção hidráulica;
2. Na recomposição das jazidas exploradas como forma de reduzir os passivos ambientais.

Na execução de aterro com bota-fora contíguo ao maciço terroso, devem ser observados os seguintes limites:

- Largura que garanta uma distância mínima de 10 metros entre a base do aterro com bota-fora e o limite da faixa de domínio da obra;
- Altura máxima de forma que o aterro com bota-fora situe-se pelo menos 1 metro abaixo da cota da berma do canal;
- Aterro com um dos lados encostado no maciço terroso e o lado oposto obedecendo a um taludamento com declividade máxima de 2,5H:1V.

A **Figura 4.2** apresenta um esquema com os critérios de utilização das faixas laterais do canal para disposição de bota-fora.

Figura 4.1 - Critérios de exploração das faixas de empréstimo lateral

Figura 4.2 - Critérios de utilização das faixas laterais do canal para disposição de bota-fora



5 - METODOLOGIA DO BALANÇO DE TERRAPLENAGEM

6 - METODOLOGIA DO BALANÇO DE TERRAPLENAGEM

No projeto de terraplenagem do 1º Trecho do CAC procedeu-se o cálculo de compensação dos volumes de escavação obrigatória com os volumes necessários para a execução dos aterros.

Inicialmente foram levantados, para cada trecho de 20 m, os seguintes volumes utilizando rotinas do AutoCAD CIVIL 3D: volume total de aterro; volume de aterro com material de 1ª categoria; volume de aterro com material de 1ª, 2ª e 3ª categoria; escavação em material de 1ª e 2ª categoria; escavação em material de 3ª categoria. Foram calculados também os volumes disponíveis de material de empréstimo lateral, dentro da faixa de domínio do canal, assim como os volumes disponíveis em jazidas, conforme descrito no Item 3.

Os volumes líquidos foram então calculados da seguinte maneira:

- Volumes líquidos de material de escavação obrigatória aproveitável em aterro obtidos pelo produto dos volumes brutos pelos coeficientes de aproveitamento;
- Volumes líquidos de material necessário para aterro obtidos pela soma dos volumes brutos com os volumes equivalentes à camada de expurgo. A soma que corresponde ao volume total bruto de aterro foi multiplicada pelo coeficiente de majoração, para compensar a redução de volume devido à compactação, resultando nos volumes líquidos de aterro;
- Volumes líquidos do material de empréstimo lateral e jazidas obtidos pelo produto dos volumes brutos disponíveis pelos coeficientes de aproveitamento.

Uma vez quantificados os volumes disponíveis (escavação obrigatória) e necessários (aterros), o cálculo da compensação foi realizado em três etapas, descritas a seguir.

6.1 - ETAPA 1 – BALANÇO DE MATERIAL EM TRECHOS DE 20 M

Na primeira etapa do projeto de terraplenagem realizou-se o balanço tomando-se trechos com comprimentos de 20 metros como unidades de cálculo. Esta etapa teve como objetivo o cálculo da compensação dos volumes de escavação e aterro sem a necessidade de carga e transporte, uma vez que em distâncias curtas, o material pode ser retrabalhado diretamente dentro do trecho. Foram calculados também os volumes transportados até 40 m de distância.

O procedimento de balanço dos materiais terrosos seguiu o esquema abaixo:

1. Cálculo da compensação dos volumes líquidos dentro dos respectivos trechos de 20 m, sendo o material de escavação obrigatória de 1ª categoria, utilizado exclusivamente na camada superior dos aterros, que exige material mais nobre. O material de escavação obrigatória de 2ª e 3ª categoria é aplicado nas partes inferiores das seções de aterro. Posteriormente, identificam-se os excessos e déficits de cada classe de material;
2. A sobra de material de 1ª categoria é utilizada para compensação de déficits nas camadas inferiores de aterro, as quais exigem material menos nobre. Os excessos e



déficits são então, recalculados. Essa primeira etapa da terraplenagem indica os volumes de material retrabalhado sem a necessidade de carga e transporte;

3. Nova compensação é realizada, porém admitindo-se a transferência de material entre trechos vizinhos, com distâncias de transporte de até 40 metros. O material excedente de escavação obrigatória de 1ª categoria é utilizado exclusivamente na camada superior dos aterros de trechos vizinhos, enquanto que a sobra de material de escavação obrigatória de 2ª e 3ª categoria é aplicada nas partes inferiores das seções de aterro dos trechos vizinhos. Os excessos e déficits de cada classe de material são novamente calculados.

A **Figura 5.1** ilustra, de maneira esquemática, a sequência de passos adotada na Etapa 1 do balanço de materiais terrosos.

6.2 - ETAPA 2 – BALANÇO DE MATERIAL EM TRECHOS DE 60 M

Em uma segunda etapa do projeto de terraplenagem, procedeu-se o agrupamento de sequências de 3 trechos vizinhos, gerando-se novos trechos com 60 metros de comprimento. Procedeu-se então novo cálculo da compensação de materiais:

1. Acúmulo dos volumes líquidos resultantes do processo 3 em trechos de 60 m e cálculo da compensação dos volumes dentro dos respectivos trechos, sendo o material de escavação obrigatória de 1ª categoria, utilizado exclusivamente na camada superior dos aterros. O material de escavação obrigatória de 2ª e 3ª categoria é aplicado nas partes inferiores das seções de aterro. Identificam-se os excessos e déficits de cada classe de material;
2. A sobra de material de 1ª categoria é utilizada para compensação de déficits nas camadas inferiores de aterro, e os excessos e déficits são recalculados. Após esse processo da terraplenagem, são indicados os volumes de material que exigem carga e transporte até 60 metros de distância;
3. Outro balanço de material é realizado prevendo-se a transferência de material entre trechos vizinhos, com distâncias de transporte de até 120 metros. O material excedente de escavação obrigatória de 1ª categoria é utilizado na camada superior dos aterros de trechos vizinhos, e a sobra de material de escavação obrigatória de 2ª e 3ª categoria é aplicada nas partes inferiores das seções de aterro dos trechos vizinhos. Mais uma vez, os excessos e déficits de cada classe de material são calculados;
4. Para compensar os déficits ainda existentes nesse estágio do balanço, procede-se o aproveitamento de material de empréstimo lateral, cujo volume disponível é calculado conforme descrito no item 3. A utilização do material de empréstimo lateral em aterros segue os mesmos critérios anteriormente adotados, com a utilização do material de 1ª categoria nos 5,5 metros superiores das seções de aterro, e do material de 1ª (excedente) e 2ª categoria no restante da seção.

Após o cálculo dos passos 4 a 7, são identificados todos os volumes transportados até uma distância máxima de 120 metros, assim como os excessos e déficits ainda existentes e que precisam ser compensados com maiores distâncias de transporte. A Figura 5.1 ilustra, de maneira esquemática, a sequência de passos adotada na Etapa 2 do balanço de materiais terrosos.



6.3 - ETAPA 3 – BALANÇO DE MATERIAL EM TRECHOS DE 2,5 KM

Finalmente, uma terceira etapa do balanço de materiais foi realizada, buscando-se identificar o material retrabalhado que exige maiores distâncias de transporte. Nessa etapa, o cálculo do balanço foi feito de maneira concentrada em trechos de 2,5 km. Adotou-se o seguinte procedimento:

1. Acúmulo dos volumes líquidos em trechos de 2,5 km e cálculo da compensação dos volumes dentro dos respectivos trechos, utilizando-se o material de escavação obrigatória de 1ª categoria na camada superior dos aterros, e o material de escavação obrigatória de 2ª e 3ª categoria na camada inferior das seções de aterro. Quantificam-se os excessos e déficits de cada classe de material;
2. O material excedente de 1ª categoria é utilizado nas camadas inferiores de aterro, recalculando-se os excessos e déficits. Esse processo indica os volumes de terraplenagem que exigem distância de transporte até 2,5 km;
3. Também nessa 3ª etapa realiza-se o intercâmbio de material entre trechos vizinhos. Nessa compensação, os saldos de materiais são transferidos para os trechos de 2,5 km vizinhos, com distâncias de transporte de até 5,0 km. Mais uma vez, o material de escavação obrigatória de 1ª categoria é utilizado na camada superior dos aterros de trechos vizinhos, enquanto que a sobra de material de escavação obrigatória de 2ª e 3ª categoria é aplicada na camada inferior das seções de aterro dos trechos vizinhos. Os excessos e déficits de cada classe de material são novamente calculados;
4. Uma nova compensação é realizada para os próximos trechos vizinhos, produzindo distâncias de transporte de até 7,5 km. O balanço é realizado da mesma maneira, aplicando-se o material de 1ª categoria na camada superior dos aterros e o material de 2ª e 3ª categoria no restante da seção;
5. Os déficits ainda existentes são compensados preferencialmente com material de empréstimo lateral dentro da faixa de domínio do respectivo trecho de 2,5 km. A utilização do material de empréstimo lateral em aterros segue os mesmos critérios anteriormente adotados, com a utilização do material de 1ª categoria nos 5,5 metros superiores das seções de aterro, e do material de 1ª (excedente) e 2ª categoria no restante da seção. Ressalta-se que não é realizada exploração de material de 3ª categoria para utilização em aterros. Neste estágio, são calculados os déficits ainda existentes, que deverão ser compensados com material oriundo de jazidas;
6. Por fim, calculam-se os volumes de bota-fora, procedendo-se a distribuição desse material na faixa contígua ao canal, de acordo com os critérios definidos no item 3. Posteriormente, são computados os excessos de bota-fora e os volumes ainda disponíveis para receber esse material;
7. Novo balanço do material de bota-fora permitindo o deslocamento para os trechos vizinhos, com distâncias de transporte até 5,0 km. Os saldos de bota-fora e os volumes livres ainda disponíveis são recalculados;
8. Último balanço do material de bota-fora considerando a transferência aos próximos trechos vizinhos, com distância máxima de transporte de 7,5 km. Os excessos de material de bota-fora ainda existentes após o passo 15 devem ser



avaliados individualmente para escolha do local mais apropriado para sua disposição, buscando-se minimizar os impactos sobre o ambiente;

9. Na etapa 3 do projeto de terraplenagem é calculado também o volume de brita necessário para a execução da proteção de taludes, sendo a quantificação realizada de maneira concentrada em cada trecho de 2,5 km. O material a ser utilizado na proteção de talude corresponde à parcela não aproveitável em aterros do material de escavação obrigatória de 3ª categoria. Esse material deverá ser conduzido para uma britagem e processado para produção de brita.

A 3ª etapa do projeto de terraplenagem (passos 8 a 16) indica os volumes de materiais de escavação obrigatória e aterro transportados até uma distância máxima de 7,5 km ao longo do caminhamento do canal. Os déficits e excessos ainda existentes após as etapas de compensação devem ser tratados isoladamente de forma localizada, identificando-se as alternativas mais viáveis de jazidas e áreas para bota-fora, respectivamente, inclusive com a avaliação de áreas fora da faixa de domínio.

A Figura 5.1 ilustra a sequência de passos adotada na Etapa 3 do balanço de materiais terrosos no 1º Trecho (Jati / Rio Cariús) do CAC.

Figura 5.1 - Fluxograma da sequência de passos para o cálculo do balanço de materiais terrosos



6 - RESULTADOS DO BALANÇO DE MOVIMENTO DE TERRA

7 - RESULTADOS DO BALANÇO DE MOVIMENTO DE TERRA

Com base nos critérios descritos no item anterior, utilizando as novas bases topográficas e geotécnicas e o projeto geométrico ajustado, realizou-se o levantamento dos volumes de corte e aterro, bem como o balanço de utilização das escavações obrigatórias e jazidas para construção dos aterros, conforme metodologia descrita anteriormente.

Apresenta-se a seguir os gráficos de resultado da quantificação dos volumes de terraplenagem para cada subtrecho do projeto. Cada conjunto de 8 gráficos apresenta os resultados obtidos para cada subtrecho, desta forma, os gráficos de 1 a 9 se referem ao subtrecho 1.1, os gráficos de 10 a 17 ao subtrecho 1.2, os gráficos de 18 a 26 ao subtrecho 1.3 e os gráficos de 27 a 34 ao subtrecho 1.4. Cada tipo de gráfico que compõe os conjuntos citados são descritos a seguir.

Os resultados da Etapa 1 (trechos de 20 m), Etapa 2 (trechos de 60 m) e Etapa 3 (trechos de 2,5 km) do projeto de terraplenagem estão apresentados de forma detalhada no Anexo 1, o qual indica todos os volumes de escavação e aterro bem como as compensações de materiais terrosos ao longo o 1º Trecho do CAC.

- Volumes Brutos Acumulados:

Estes gráficos apresentam os volumes brutos acumulados de corte e aterro classificados pelo tipo de corte e tipo de aterro.

Os Gráficos 1, 9, 17 e 25 apresentam, por subtrecho, os volumes totais de corte e aterro, onde se observa uma compensação geral entre os volumes totais de aterro e corte, tendo em vista que esse é um dos critérios adotados na definição do traçado do canal. Entretanto, no subtrecho 1.4 essa compensação não ocorre, uma vez que a pouca profundidade do solo observada nesse subtrecho contra indica a implantação de cortes mais profundos. Observa-se nesses gráficos que os volumes brutos de aterro e corte correspondem em média a 125.000 m³/km.

- Volumes Líquidos Acumulados:

Apresentam os volumes líquidos acumulados de corte e aterro classificados pelo tipo de material, calculados a partir da aplicação de coeficientes médios de aproveitamento dos materiais e excluindo-se o volume de expurgo. Os volumes de escavação representam a quantidade de material de escavação obrigatória disponível para utilização nos aterros ou no revestimento da seção hidráulica.

Tem-se que os volumes de escavação obrigatória que podem ser aproveitados nas seções de aterro, ou volumes líquidos, sofrem uma redução. Ademais, o volume líquido de aterro é maior que o bruto calculado devido ao expurgo da camada superior, que deve ser retirada antes da realização do aterro.

Os volumes líquidos de aterro e escavação foram estimados aplicando-se os coeficientes de aproveitamento do material e escavação obrigatória e retirando-se a camada referente a expurgo nas seções de aterro. Com isso, os volumes de aterro foram ligeiramente

aumentados e os volumes de corte aproveitáveis foram sensivelmente reduzidos para uma média de 75.000 m³/km, indicando a impossibilidade de realização dos aterros somente com material de escavação obrigatória.

- Volumes líquidos de Terraplenagem:

Apresentam os mesmos volumes anteriores de forma acumulada por trecho de 2,5 km.

Os gráficos de volumes líquidos apresentam ainda os volumes líquidos disponíveis em empréstimos laterais, que totalizam 200.000 m³/km em média. Particularmente para o subtrecho 1.4, identifica-se que a redução de material disponível bruto para material disponível líquido é mais significativa, isso decorre da existência de um maior percentual de material de 3ª categoria, cujo coeficiente de aproveitamento é menor.

Considerando-se apenas os volumes líquidos de escavação obrigatória e de empréstimo lateral dentro da faixa de desapropriação do canal (largura de 200 m), tem-se um volume de material disponível equivalente a aproximadamente duas vezes o volume previsto de aterro.

- Balanço de Material de Escavação Obrigatória em intervalos de 2,5 km:

Em sua terceira etapa (balanço acumulo em trechos de 2,5 km), o balanço de material foi realizado em três fases, sendo a primeira admitindo-se o uso do material aproveitável de escavação obrigatória somente no próprio trecho de 2,5 km. Na segunda fase admitiu-se a possibilidade de distribuição longitudinal do material excedente para trechos vizinhos com distância média de 2,5 km. Na terceira fase, foi feito o balanço com transferência de material com os próximos trechos vizinhos com distâncias de até 5,0 km. Na quarta fase da terceira etapa, os déficits ainda existentes foram compensados com material proveniente de jazidas laterais. Caso ainda tenha déficits de material, este será compensado com jazidas de solo, observando-se o critério de minimização das distâncias de transporte. Dessa maneira, foi possível classificar os volumes de acordo com a distância de transporte.

Os Gráficos apresentam a primeira fase do balanço entre material de escavação obrigatória e aterro exclusivamente nos trechos de 2,5 km, tendo indicado a sobra de material escavado aproveitável em alguns trechos, especialmente na primeira metade do canal (primeiros 75 km). Por outro lado, há volumes de aterro não satisfeitos plenamente com o material de escavação obrigatória, originado no próprio trecho de 2,5 km.

- Balanço de Material de Escavação Obrigatória em intervalos de 2,5 km com aproveitamento de sobras de trechos vizinhos:

Na segunda fase do balanço (Etapa 3), admitiu-se a redistribuição longitudinal do material aproveitável de escavação obrigatória ainda disponível, ou seja, a utilização do material remanescentes de subtrechos vizinhos com DMT média de 2,5 km, observando-se ainda uma pequena sobra de material de escavação obrigatória em trechos isolados. Isso ocorre exclusivamente para material de 2ª e 3ª categoria, e nos em locais onde os déficits correspondem a material de 1ª categoria. Após a distribuição longitudinal de material de escavação observa-se ainda a existência de déficits de material, indicando a necessidade de empréstimos de jazidas laterais.

- Balanço de Material de Escavação Obrigatória em intervalos de 2,5 km com aproveitamento de sobras de trechos vizinhos e empréstimo lateral:

Após a utilização de todo o material disponível viável de escavações obrigatórias, os déficits ainda existentes foram compensados com o material disponível nas áreas de empréstimo lateral, situadas dentro da faixa de desapropriação do canal. Nesta fase do balanço, somente o material de empréstimo disponível no próprio trecho de 2,5 km é utilizado. Os gráficos que apresentam os resultados do balanço até esta fase indicam poucos déficits de material de forma isolada, em especial correspondente a material menos nobre. Entretanto, observa-se que esses déficits podem ser facilmente compensados com material de empréstimo disponível em trechos de 2,5 km próximos e jazidas fora da faixa de 200m.

Observa-se de maneira geral que a necessidade de jazidas fora da faixa de domínio do canal é pouco frequente e de pequena monta. Entretanto, na 1ª metade do subtrecho 1.4 ocorre um déficit muito importante de material para aterro, o que indica que o detalhamento do projeto executivo neste trecho deverá ser aprofundado tendo em vista avaliar soluções construtivas alternativas para esse trecho.

- Empréstimo Lateral e Jazidas:

Esses gráficos apresentam uma síntese dos volumes utilizados de jazidas em faixas laterais ou não, para complementação do volume necessário para execução dos aterros;

- Balanço de Material de Bota-fora:

Apresenta a produção de material para ser encaminhado a bota-fora em cada intervalo de 2,5 km do canal, bem como a disponibilidade de espaço lateral à obra dentro da faixa de domínio para disposição do bota-fora.

Dos gráficos é possível observar a sobra de material sem áreas disponíveis para sua disposição, especialmente na primeira metade do Trecho 1 do CAC. Admitindo-se ainda a possibilidade de redistribuição longitudinal do material de bota-fora excedente, até uma distância máxima de 5 km, é possível reduzir ainda mais as sobras de bota-fora sem destino definido.

Observa-se que os volumes ainda excedentes ocorreram de maneira muito localizada em trechos situados nos primeiros 50 km do canal e totalizam 500.000 m³ de sobras. Essas situações devem ser tratadas de maneira isolada, com definição do local mais apropriado para recebimento do material observando-se o critério de minimização dos impactos ambientais.



GRÁFICOS DE 1 A 32 COM RESULTADOS



ANEXO - MEMÓRIA DE CÁLCULO DO PROJETO DE TERRAPLENAGEM DO 1º
TRECHO DO CAC

BALANÇO DE MATERIAL DO TRECHO 1.1 DO CAC EM INTERVALOS DE 20 m

Table with 4 columns: Lâmina (m), Coef. escav. 1°, Coef. escav. 2°, Coef. escav. 3°. Values range from 0.20 to 0.30.

Table with 4 columns: Vol. livre para boca fora (% atenu), Fator de compatilidade no aereo, Empolamento material no boca fora. Values range from 70% to 75%.

Main data table with columns for DISTANCIA (m), ALTO (m), VOLUMES BRUTOS (m³), VOLUMES LÍQUIDOS (m³), BALANÇO LÍQUIDO (m³) for various intervals (20m, 40m, 60m), and BALANÇO LÍQUIDO (m³) for the total reach. Includes sub-headers for 'BALANÇO LÍQUIDO transferência de material entre trechos vizinhos' and 'BALANÇO LÍQUIDO - 2ª etapa transferência de material entre trechos vizinhos'.

BALANÇO DE MATERIAL DO TRECHO 1.2 DO CAC EM INTERVALOS DE 20 m

Linha aprov. 1ª: 80%
Linha aprov. 2ª: 80%
Linha aprov. 3ª: 80%
Linha aprov. 4ª: 80%
Linha aprov. 5ª: 80%
Linha aprov. 6ª: 80%
Linha aprov. 7ª: 80%
Linha aprov. 8ª: 80%
Linha aprov. 9ª: 80%
Linha aprov. 10ª: 80%
Linha aprov. 11ª: 80%
Linha aprov. 12ª: 80%
Linha aprov. 13ª: 80%
Linha aprov. 14ª: 80%
Linha aprov. 15ª: 80%
Linha aprov. 16ª: 80%
Linha aprov. 17ª: 80%
Linha aprov. 18ª: 80%
Linha aprov. 19ª: 80%
Linha aprov. 20ª: 80%

Vol. livre para boca fora (% atmo): 70%
Fator de compactação no atmo: 15%
Empolamento material de boca fora: 0%

Table with columns for 'VOLUMES BRUTOS (m³)', 'VOLUMES LÍQUIDOS (m³)', 'BALANÇO LÍQUIDO (m³)', and 'BALANÇO LÍQUIDO (m³)'. It contains multiple columns of numerical data representing volume measurements and liquid balance for various intervals.

BALANÇO DE MATERIAL DO TREGHO 14 DO CAC EM INTERVALOS DE 20 m

Linha superior (m): 0,20
Coef. elev. 1º: 70%
Coef. elev. 2º: 30%
Coef. aprov. 1º: 80%
Coef. aprov. 2º: 80%
Coef. aprov. 3º: 70%

Vol. livre para bota (m³ atmo): 70%
Fator de compactação do atmo: 15%
Empolamento material de bota: 0%

Table with columns for 'VOLUMES BRUTOS (m³)', 'VOLUMES LÍQUIDOS (m³)', 'BALANÇO LÍQUIDO (balança no próprio intervalo de 20 m)', 'ETAPA 1 DO BALANÇO DE MATERIAS', 'BALANÇO LÍQUIDO (transferência de material entre trechos vizinhos de 20 m - distância máxima de 40 m)', 'Agrupamento intervalos para 60 m', and 'ETAPA 2 DO BALANÇO DE MATERIAS'. The table contains numerical data for various intervals and materials, with some cells highlighted in yellow.

BALANÇO DE MATERIAL AO LONGO DO TRECHO 1.1 DO CAC

Lâmina segura (m): 0,20
Coef. elevaç. 1º: 80%
Coef. elevaç. 2º: 70%
Coef. elevaç. 3º: 50%

Vel. livre para bora fora (% altero): 70%
Fator de compactação do aterro: 70%
Emprego material de bota-fora: 0%

Table with columns for 'JACOAS (m)', 'VOLUME BRUTOS (m³)', 'VOLUMES ÚTILIZADOS (m³)', 'BALANÇO LÍQUIDO (balanço no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO LÍQUIDO (aproveitamento de empréstimo lateral no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO DE MATERIAS DO BOTA-FORA', and 'PROTEÇÃO DE TALUDES COM MATERIAL 2º'. Rows include distance, original volume, liquid volume, accumulated volume, and various material flow metrics.

Coef. perda na produção de britagem: 10%
Fator de conversão produção brita: 90%

BALANÇO DE MATERIAL AO LONGO DO TRECHO 1.2 DO CAC

Lâmina segura (m): 0,20
Coef. elevaç. 1º: 80%
Coef. elevaç. 2º: 70%
Coef. elevaç. 3º: 50%

Vel. livre para bora fora (% altero): 70%
Fator de compactação do aterro: 70%
Emprego material de bota-fora: 0%

Table with columns for 'JACOAS (m)', 'VOLUME BRUTOS (m³)', 'VOLUMES ÚTILIZADOS (m³)', 'BALANÇO LÍQUIDO (balanço no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO LÍQUIDO (aproveitamento de empréstimo lateral no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO DE MATERIAS DO BOTA-FORA', and 'PROTEÇÃO DE TALUDES COM MATERIAL 2º'. Rows include distance, original volume, liquid volume, accumulated volume, and various material flow metrics.

Coef. perda na produção de britagem: 10%
Fator de conversão produção brita: 90%

BALANÇO DE MATERIAL AO LONGO DO TRECHO 1.3 DO CAC

Lâmina segura (m): 0,20
Coef. elevaç. 1º: 80%
Coef. elevaç. 2º: 70%
Coef. elevaç. 3º: 50%

Vel. livre para bora fora (% altero): 70%
Fator de compactação do aterro: 70%
Emprego material de bota-fora: 0%

Table with columns for 'JACOAS (m)', 'VOLUME BRUTOS (m³)', 'VOLUMES ÚTILIZADOS (m³)', 'BALANÇO LÍQUIDO (balanço no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO LÍQUIDO (aproveitamento de empréstimo lateral no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO DE MATERIAS DO BOTA-FORA', and 'PROTEÇÃO DE TALUDES COM MATERIAL 2º'. Rows include distance, original volume, liquid volume, accumulated volume, and various material flow metrics.

Coef. perda na produção de britagem: 10%
Fator de conversão produção brita: 90%

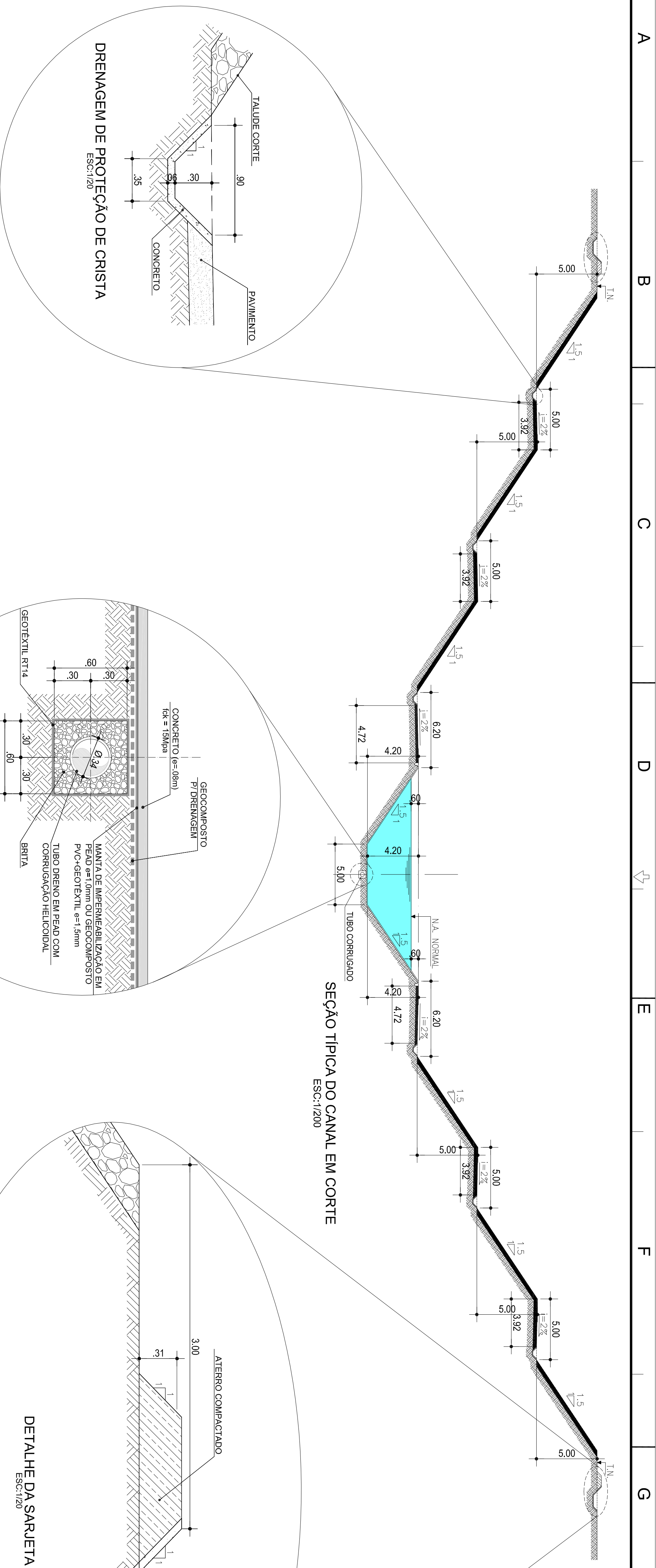
BALANÇO DE MATERIAL AO LONGO DO TRECHO 1.4 DO CAC

Lâmina segura (m): 0,20
Coef. elevaç. 1º: 80%
Coef. elevaç. 2º: 70%
Coef. elevaç. 3º: 50%

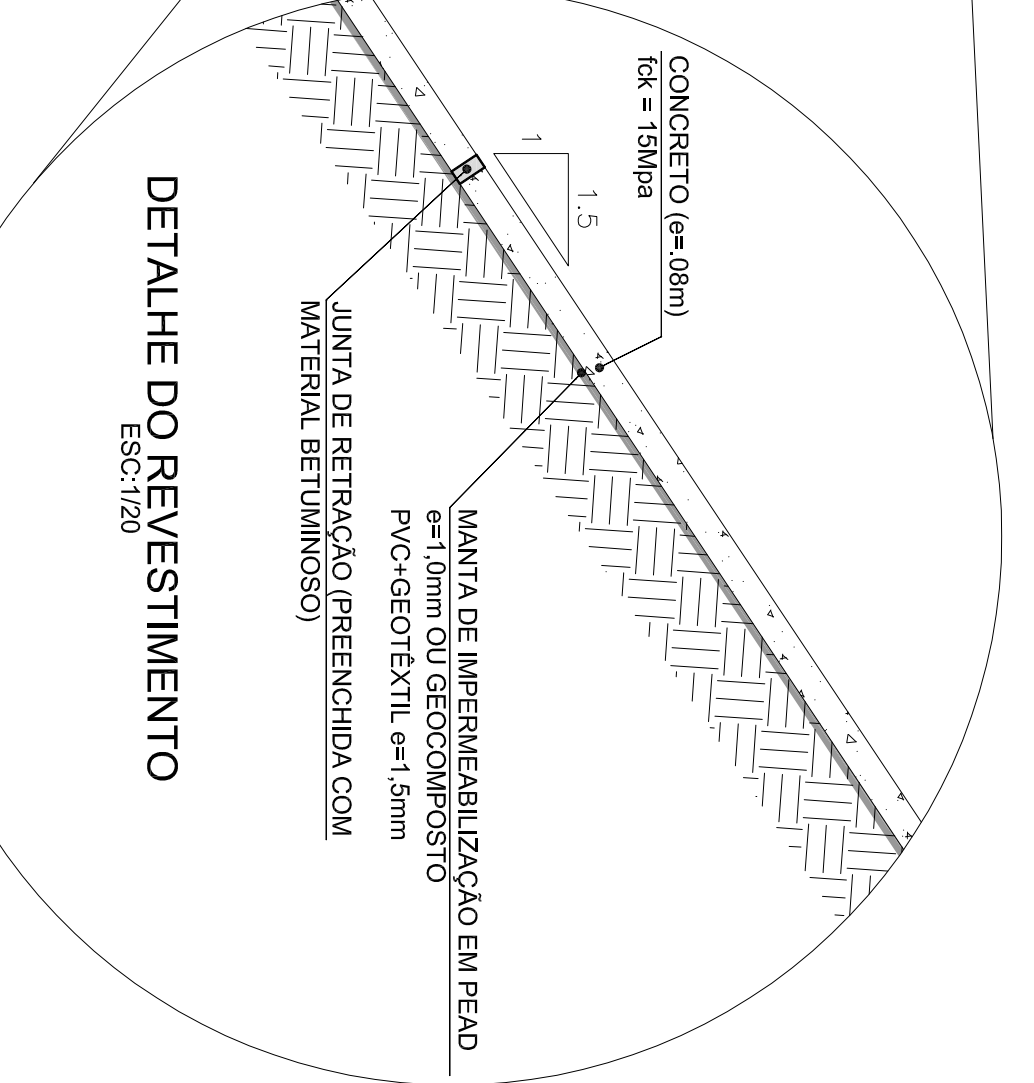
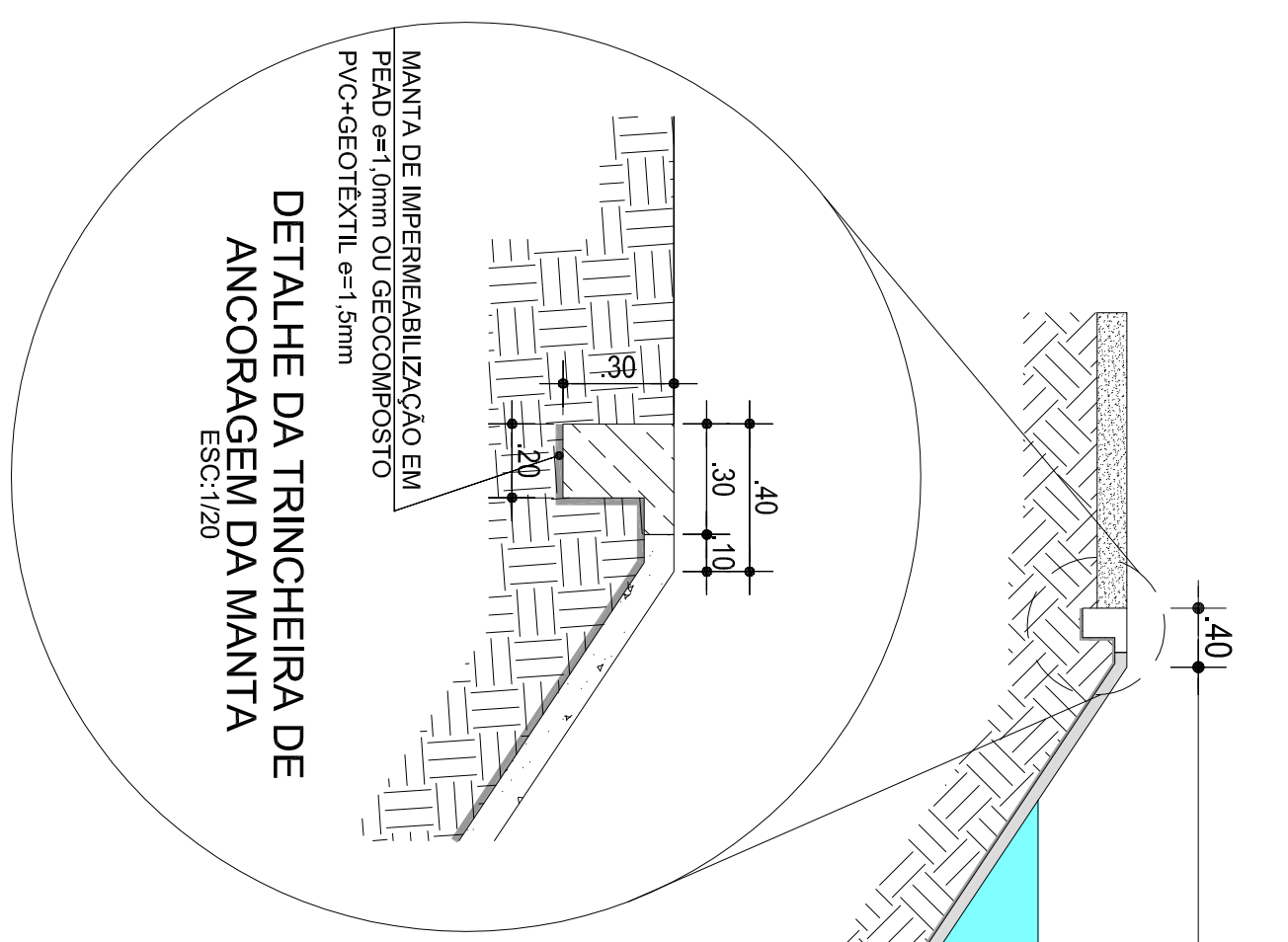
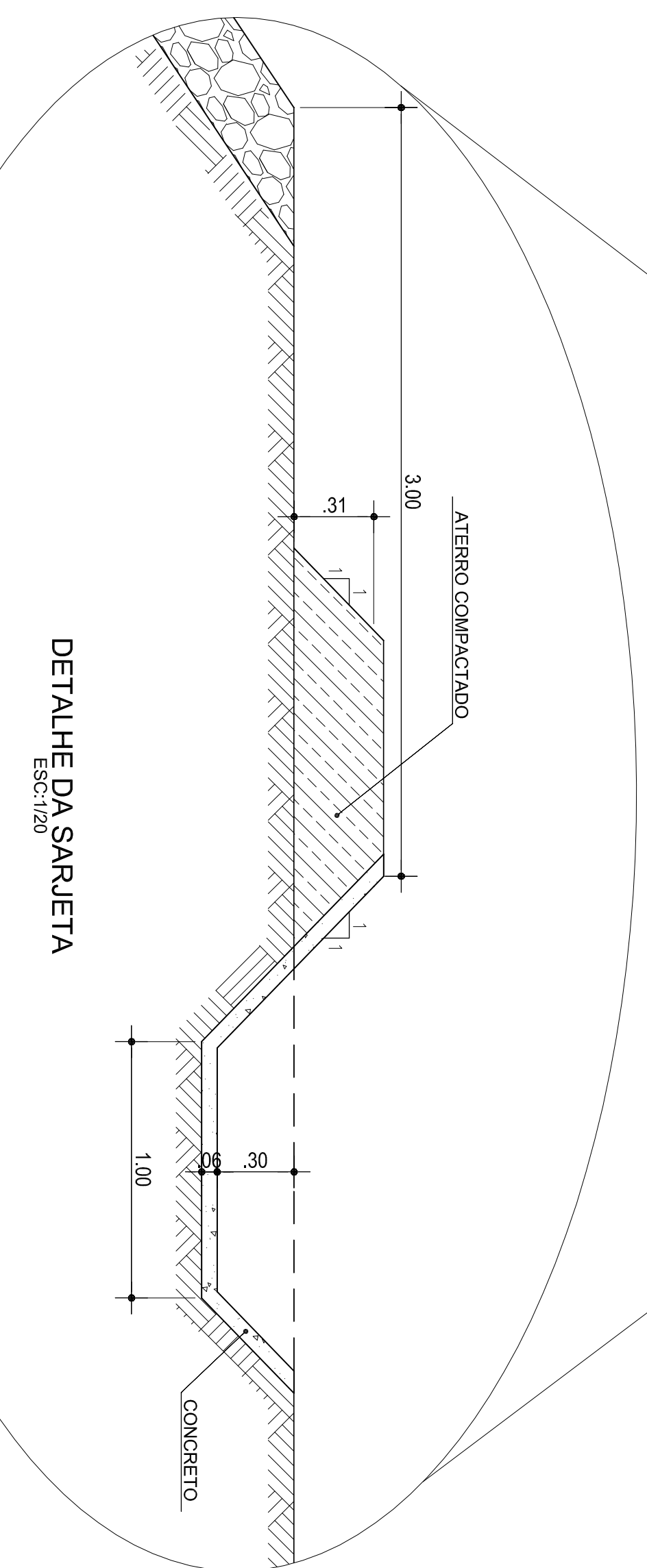
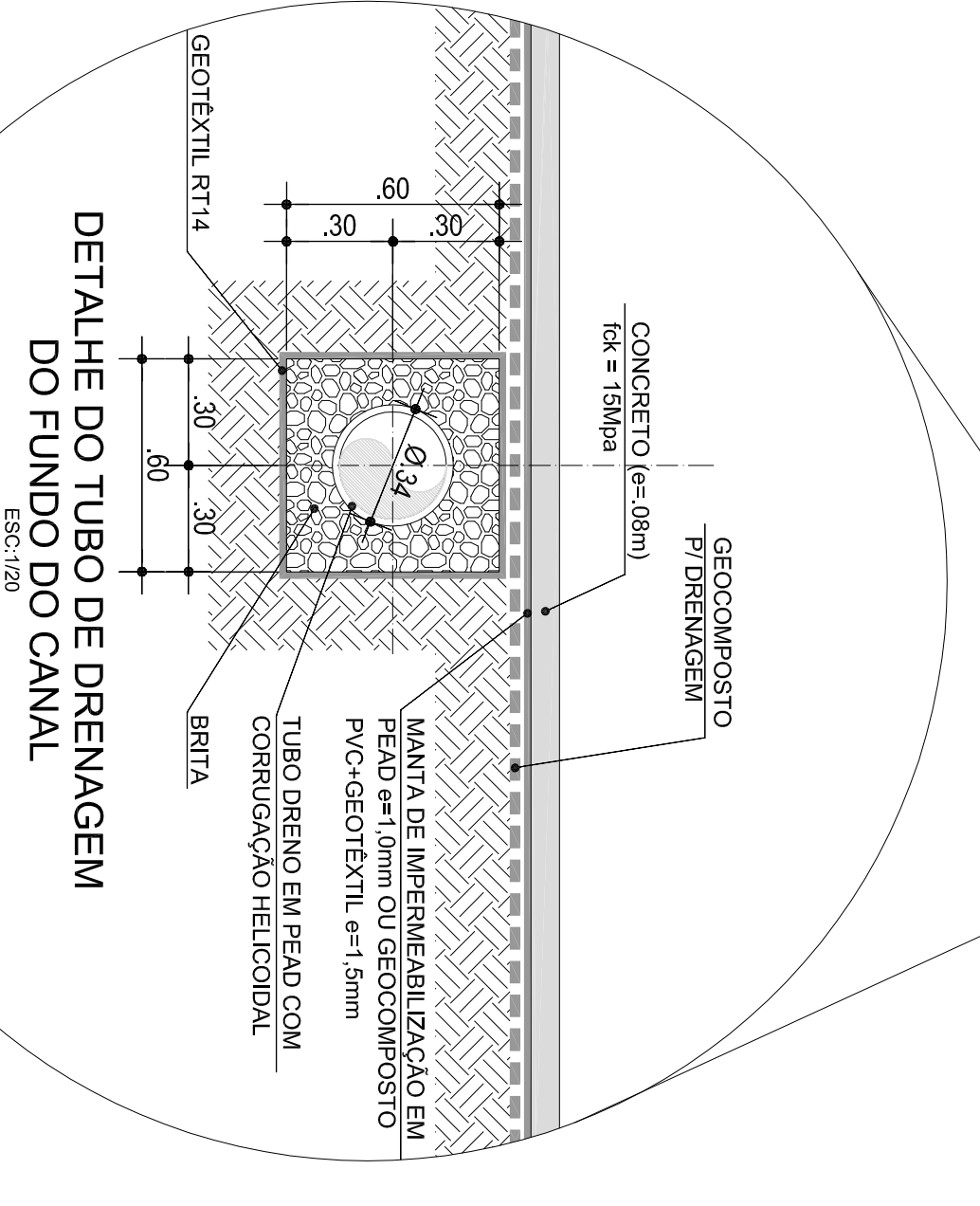
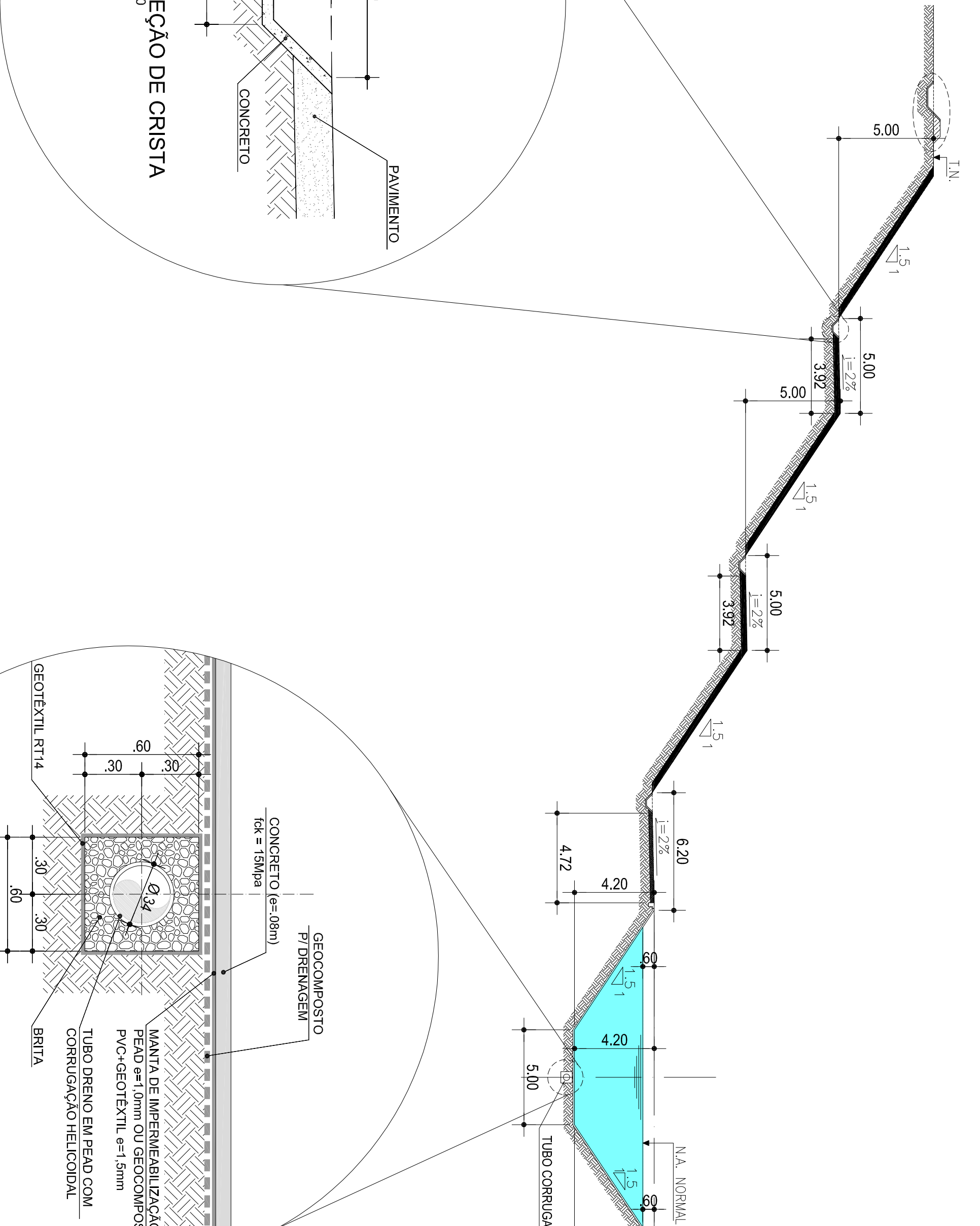
Vel. livre para bora fora (% altero): 70%
Fator de compactação do aterro: 70%
Emprego material de bota-fora: 0%

Table with columns for 'JACOAS (m)', 'VOLUME BRUTOS (m³)', 'VOLUMES ÚTILIZADOS (m³)', 'BALANÇO LÍQUIDO (balanço no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO LÍQUIDO (aproveitamento de empréstimo lateral no próprio trecho de 2,5 km)', 'BALANÇO DE MATERIAS DO BOTA-FORA', and 'PROTEÇÃO DE TALUDES COM MATERIAL 2º'. Rows include distance, original volume, liquid volume, accumulated volume, and various material flow metrics.

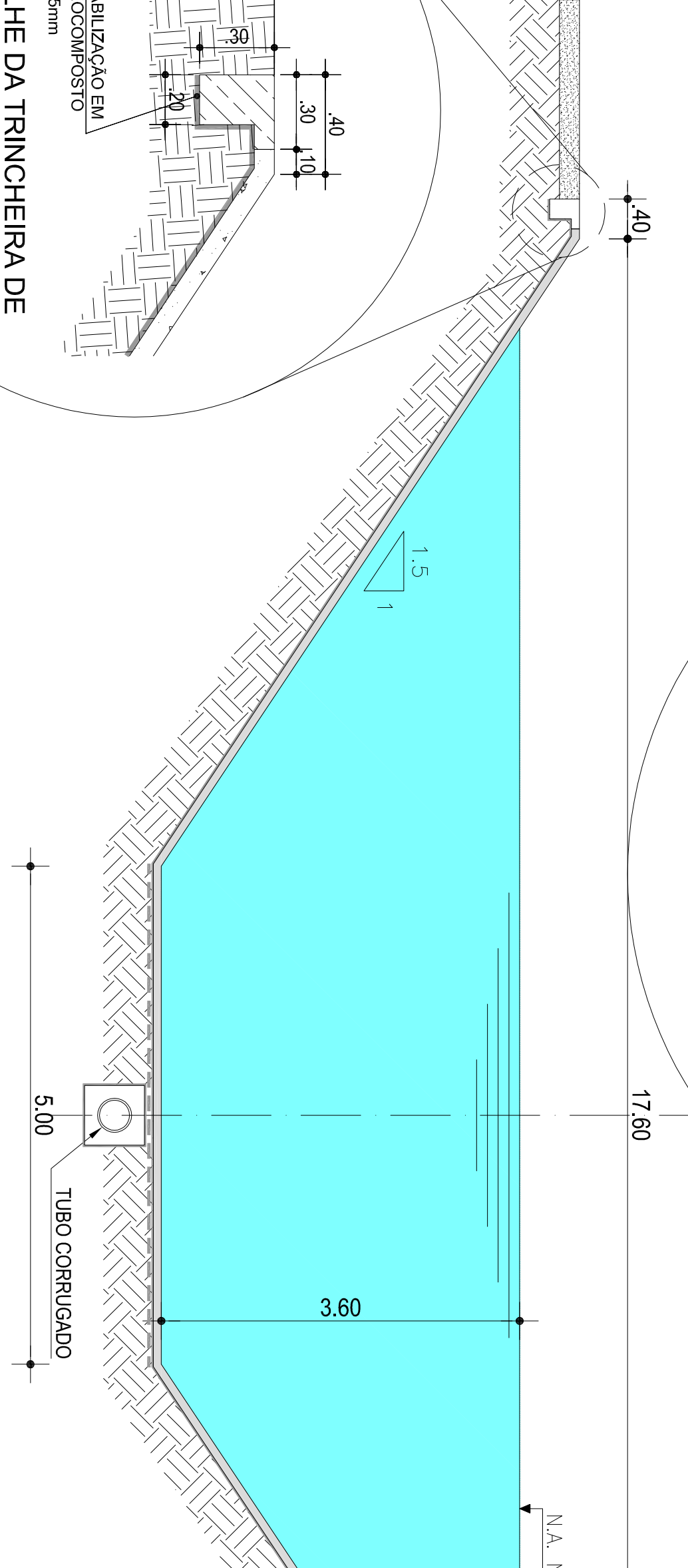
Coef. perda na produção de britagem: 10%
Fator de conversão produção brita: 90%



SEÇÃO TÍPICA DO CANAL EM CORTE
ESC.:1/200



SEÇÃO HIDRÁULICA
ESC.:1/50



LEGENDA:

NOTAS:

1. PRANCHA REDUZIDA DO FORMATO A1 PARA O FORMATO A3. ESCALAS DOS DESENHOS TAMBÉM ESTÃO REDUZIDAS A METADE DO VALOR INDICADO.

DESENHOS DE REFERÊNCIA :

REVISÕES

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	EXC.	VER.	APROV.
0	EMISSÃO INICIAL	AGO/2012	LEB	SAO	SNT

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH

CAC - CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ
PROJETO EXECUTIVO DO 3º TRONCO JARUÍRIO CABRUS COM 15,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC

Projeto Geral de Terraplenagem

VBA

Figura 3.1
OBRAS TÍPICAS
Seção Típica dos Canais em Corte (1ª e 2ª Categoria)

LOCAL: FORTALEZA/CE
DATA: AGO/2012
REV.: 0
FOLHA: 01/01
Nº DO DESENHO: 11-435-881-08-01-01
DATA DE EMISSÃO: 01/01/2012

1

2

3

4

5

6

A

B

C

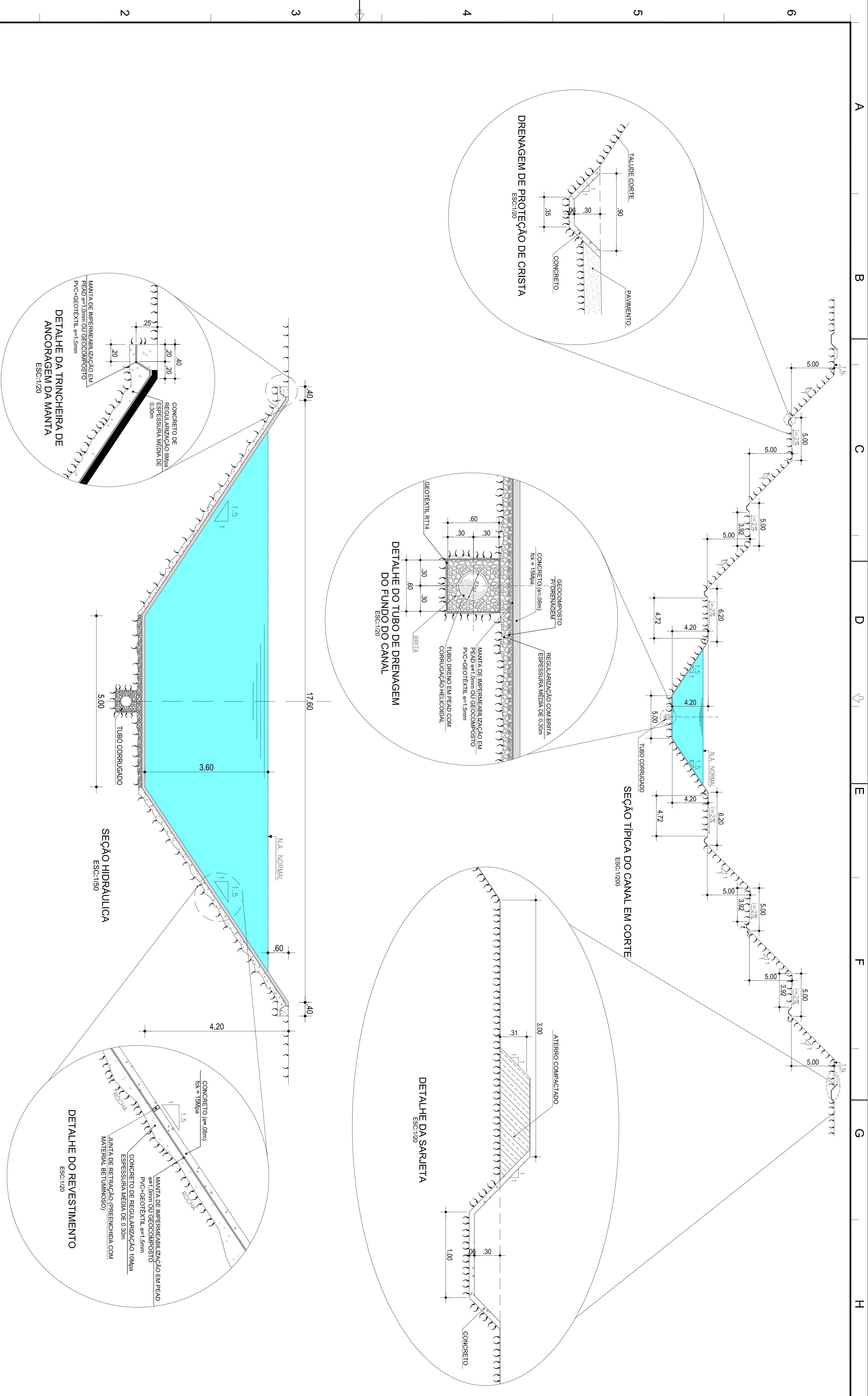
D

E

F

G

H



LEGENDA:

NOTAS:

1. PRANCHA REDUZIDA DO FORMATO A1 PARA O FORMATO A3. ESCALAS DOS DESENHOS TAMBÉM ESTÃO REDUZIDAS A METADE DO VALOR INDICADO.

DESENHOS DE REFERENCIA:

1. PRANCHA REDUZIDA DO FORMATO A1 PARA O FORMATO A3. ESCALAS DOS DESENHOS TAMBÉM ESTÃO REDUZIDAS A METADE DO VALOR INDICADO.

REVISÕES

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	EXEC.	VERIF.	APROV.
0	EMISSÃO INICIAL	AGO/2012	LEB	SAO	SNT

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH

CAC - CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ
PROJETO EXECUTIVO DO 3º TRECHO JATIUBO CARLUS COM 15,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC

Projeto Geral de Terraplenagem

VBA

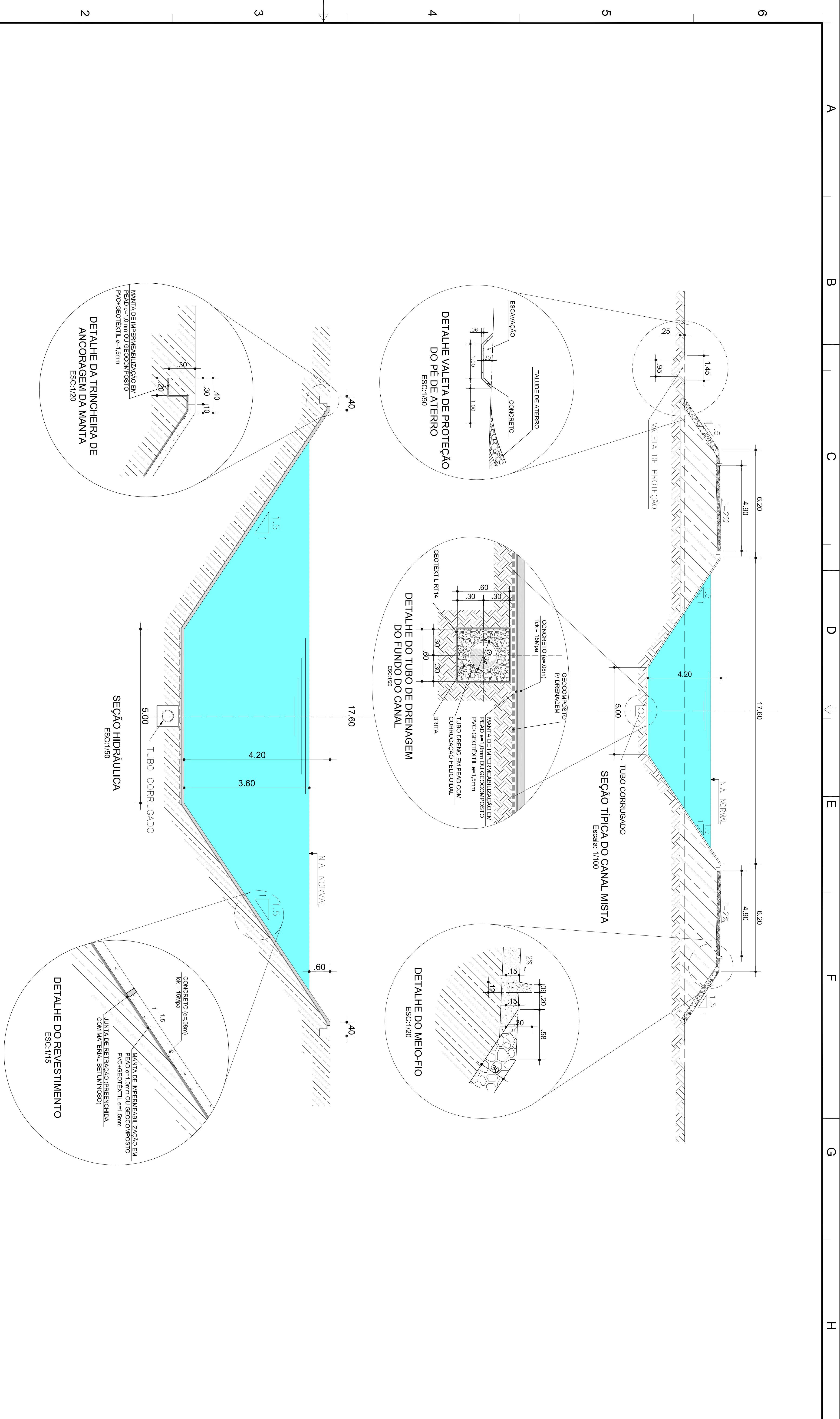
Figura 3.2
OBRAS TÍPICAS
Seção Típica dos Canais em Corte
(3ª categoria - Roda Branda)

LOCAL: FORTALEZA/CE
DATA: AGO/2012
REV: 0
FOLHA: 01/01
Nº DO DESENHO: 01/01
DATA: 11-05-2011-08-01-01-01

1

A B C D E F G H

1 2 3 4 5 6



LEGENDA:

NOTAS:

1. PRANCHA REDUZIDA DO FORMATO A1 PARA O FORMATO A3. ESCALAS DOS DESENHOS TAMBÉM ESTÃO REDUZIDAS A METADE DO VALOR INDICADO.

DESENHOS DE REFERÊNCIA :

REVISÕES

Nº	DESCRIÇÃO	DATA	EXC.	VERIF.	APROV.
0	EMISSÃO INICIAL	AGO/2012	LEB	SÃO	SNT

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
 Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH

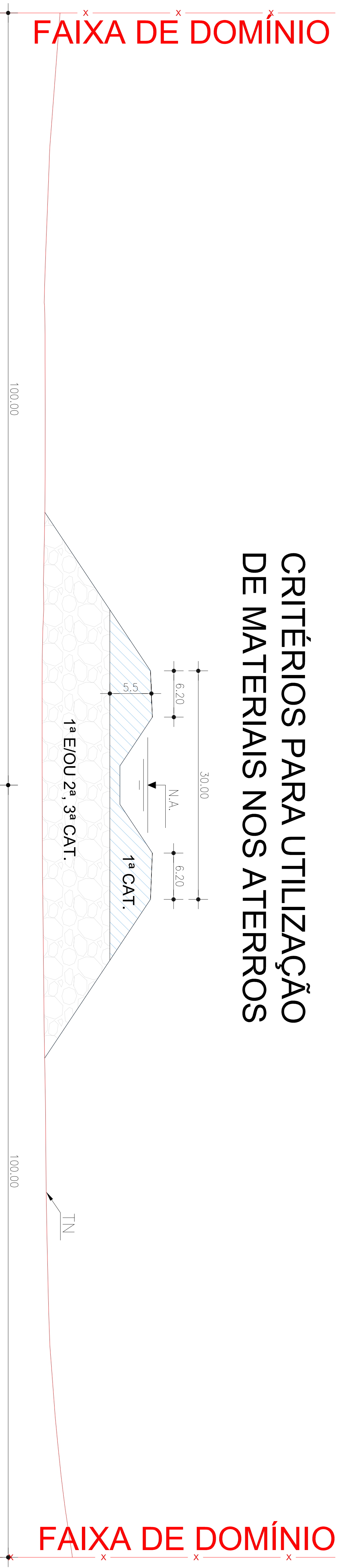
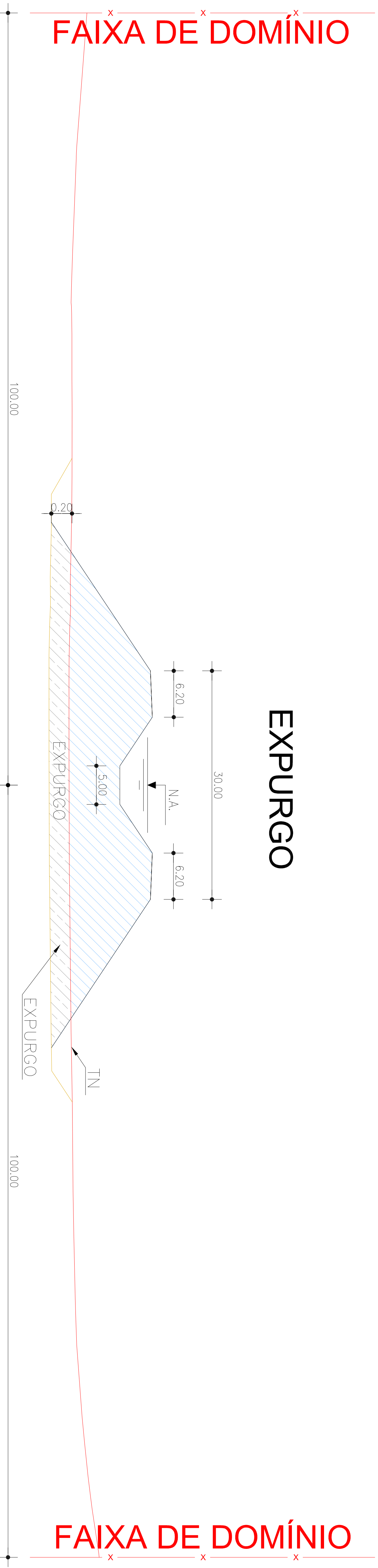
CAC - CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ
 PROJETO EXECUTIVO DO 2º TRONCO JATIUBO CABRUS COM 15,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC

Projeto Geral de Terraplenagem

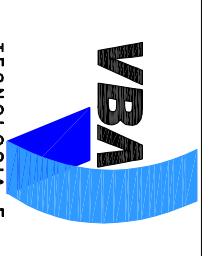
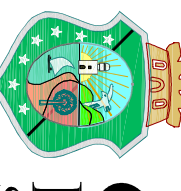
VBA
 Engenharia

Figura 3.4
OBRAS TÍPICAS
 Seção Típica Mista

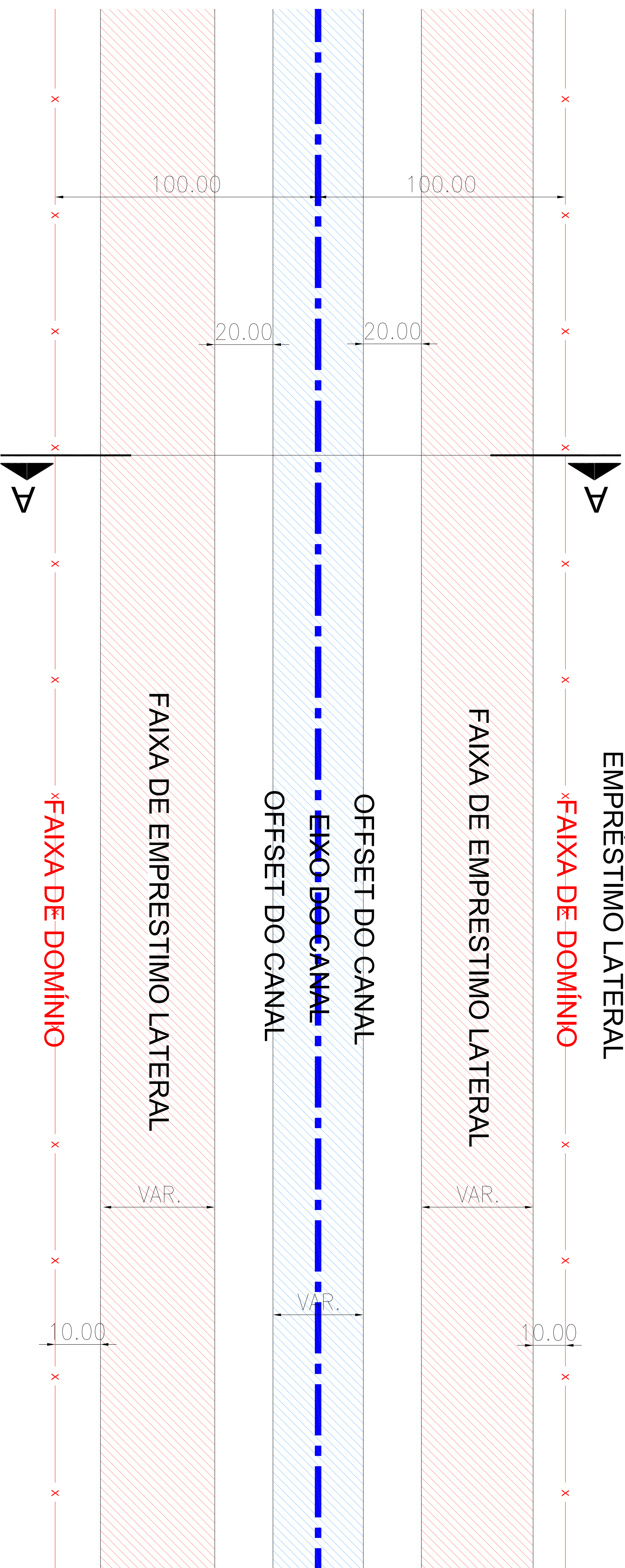
LOCAL: FORTALEZA/CE
 DATA: AGO/2012
 REV.: 0
 FOLHA: 01/01
 Nº DO DESENHO: 01
 DO PROJETO: 11-153-881-08-05-01-01



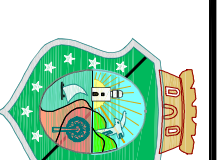
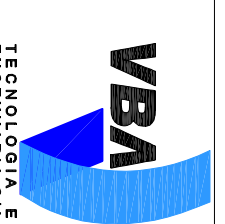
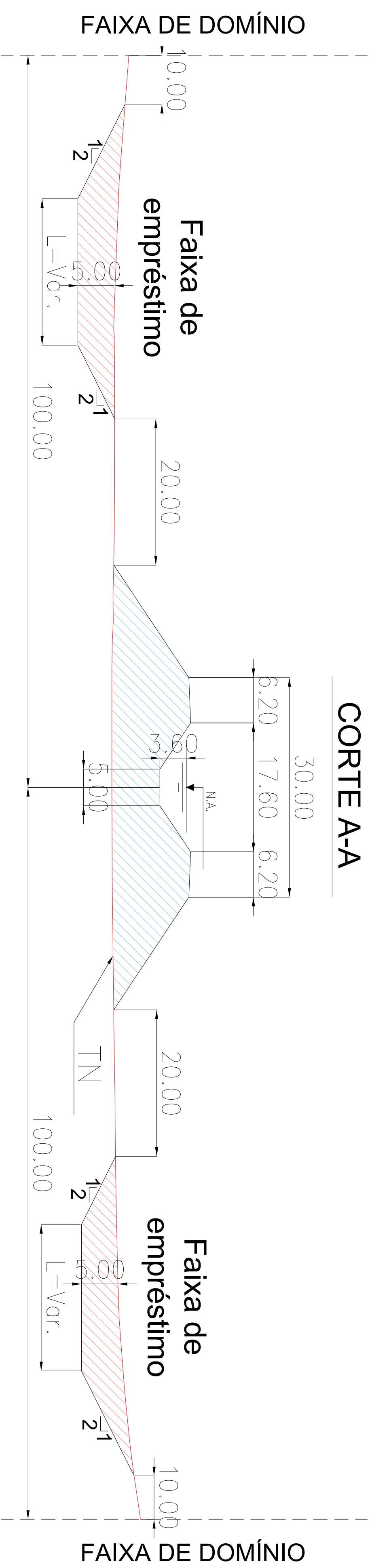
CRITÉRIOS PARA UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS NOS ATERROS

			
GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH		GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH	
PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO JATI / RIO CARIUS COM 153,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC		PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO JATI / RIO CARIUS COM 153,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC	
Projeto Geral de Terraplenagem		Projeto Geral de Terraplenagem	
DES.: THB	CONTEÚDO: FIGURA 3.5	LOCAL: FORTALEZA/CE	
VISTO: SAD	Critérios de Execução das Seções em Aterro	DATA: ACO/2012	
APROV.: SNT		REV.: 0	FOLHA: 01/01
ESCALA: SEM ESCALA		Nº DO DESENHO: FIGURA 3.5	

PLANTA BAIXA ESQUEMÁTICA
EMPRESTIMO LATERAL



CORTE A-A



GOVERNO DO CEARÁ
ESTADO DO CEARÁ
Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH
CAC - CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ
PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO JATI / RIO CARIUS COM
153,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC

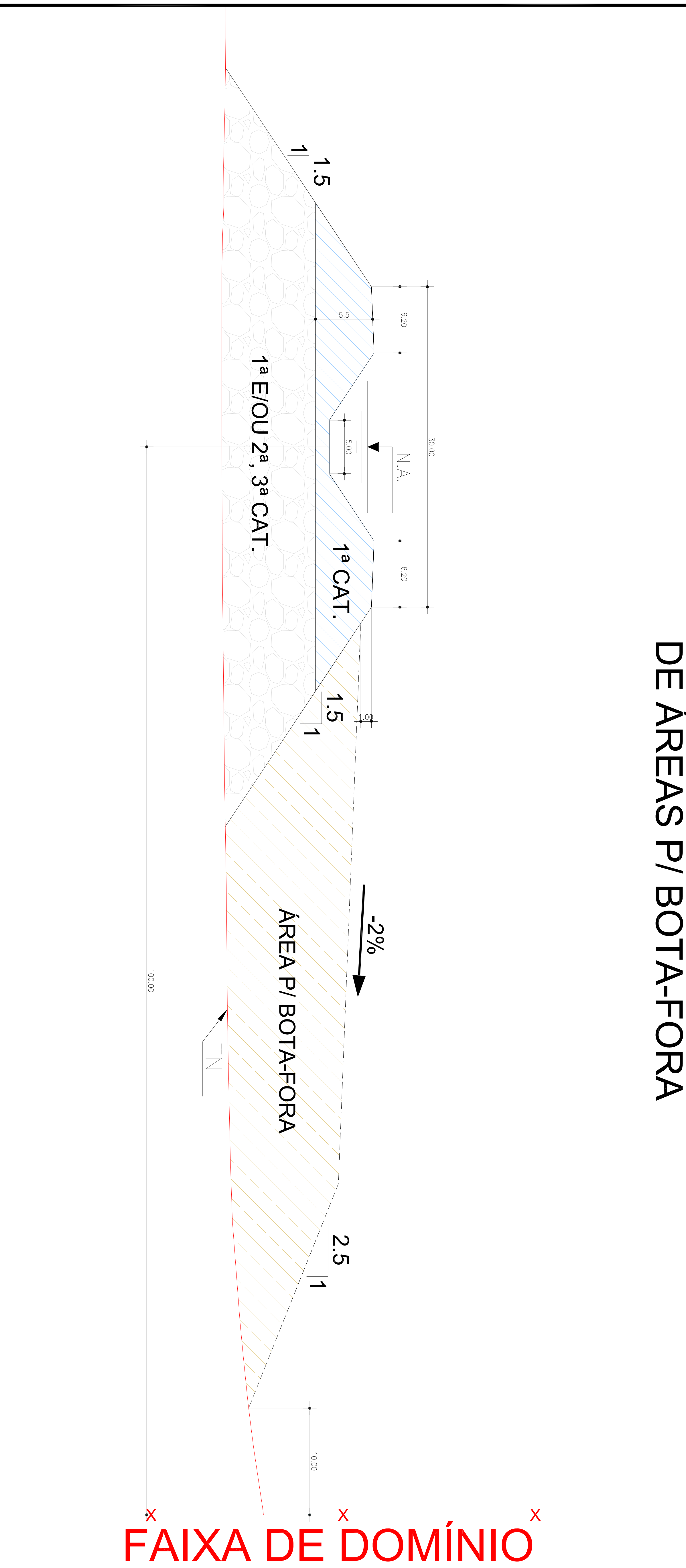
Projeto Geral de Terraplenagem

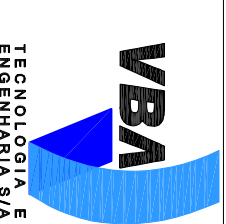
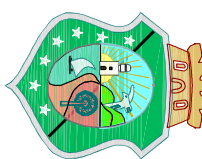
FIGURA 4.1

Critérios de Exploração das
Faixas de Empréstimo Lateral

DESENHADOR:	THB	CONTEÚDO:	FIGURA 4.1
VISTO:	SAD	LOCAL:	FORTALEZA/CE
APROVADO:	SNT	DATA:	AGO/2012
ESCALA:	SEM ESCALA	REV.:	FOLHA: 01/01
		Nº DO DESENHO:	FIGURA 4.1

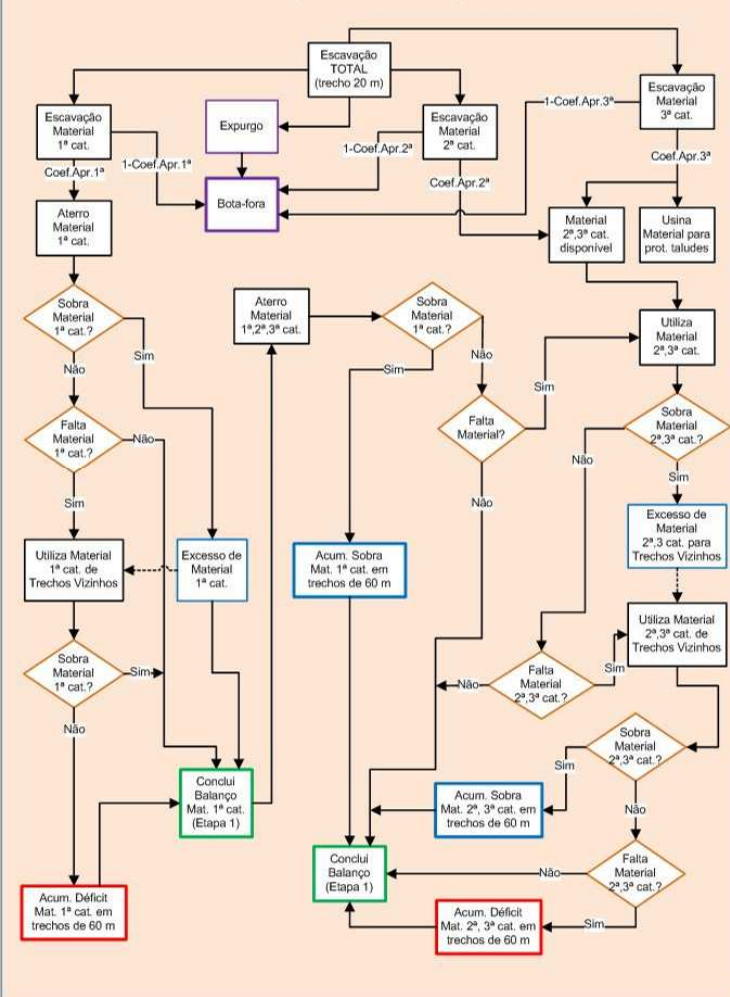
CRITÉRIOS P/ UTILIZAÇÃO DE ÁREAS P/ BOTA-FORA



			
GOVERNO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH		GOVERNO DO CEARÁ Secretaria dos Recursos Hídricos - SRH	
PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO JATI / RIO CARUUS COM 153,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC		PROJETO EXECUTIVO DO 1º TRECHO JATI / RIO CARUUS COM 153,6 KM DO CINTURÃO DE ÁGUAS DO CEARÁ - CAC	
Projeto Geral de Terraplenagem			
DES.: THB	CONTEÚDO: FIGURA 4.2	LOCAL: FORTALEZA/CE	
VISTO: SAD	Critérios de Utilização das Faixas Laterais do Canal para Disposição de Bota-Fora	DATA: ACO/2012	
APROV.: SNT		REV.: 0	FOLHA: 01/01
ESCALA: SEM ESCALA		Nº DO DESENHO: FIGURA 4.2	

ETAPA 1 - Balanço em trechos de 20m

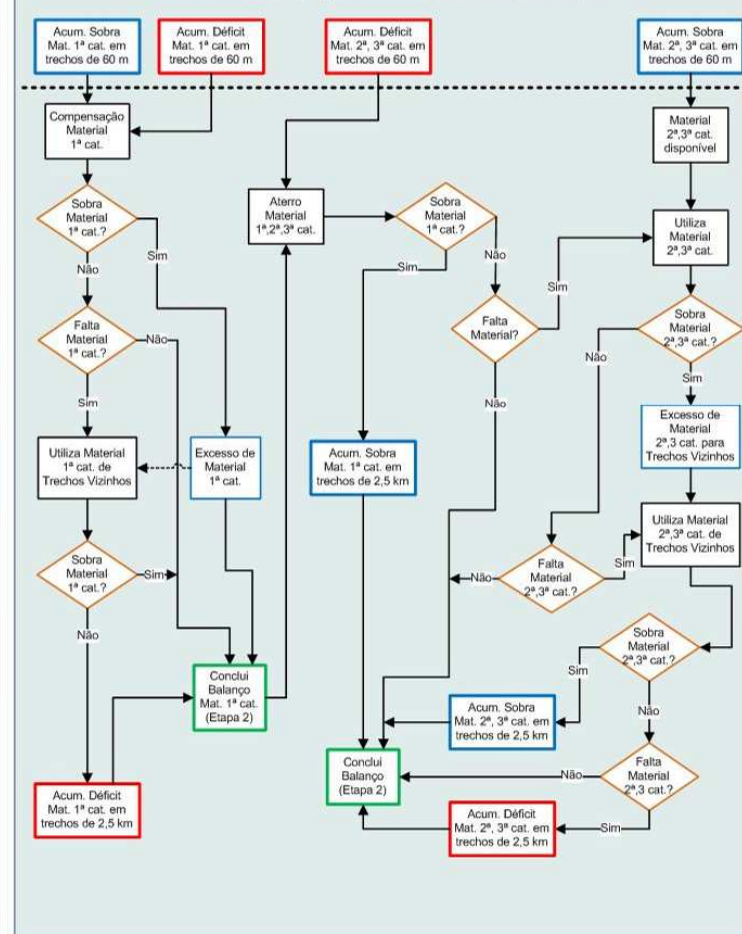
Balanço de Material – Etapa 1



ETAPA 2 - Balanço em trechos de 60m

Balanço de Material – Etapa 2

Resultados da 1ª Etapa (trechos de 20 m) do Balanço de Material



ETAPA 3 - Balanço em trechos de 2,5km

Balanço de Material – Etapa 3

Resultados da 2ª Etapa (trechos de 60 m) do Balanço de Material

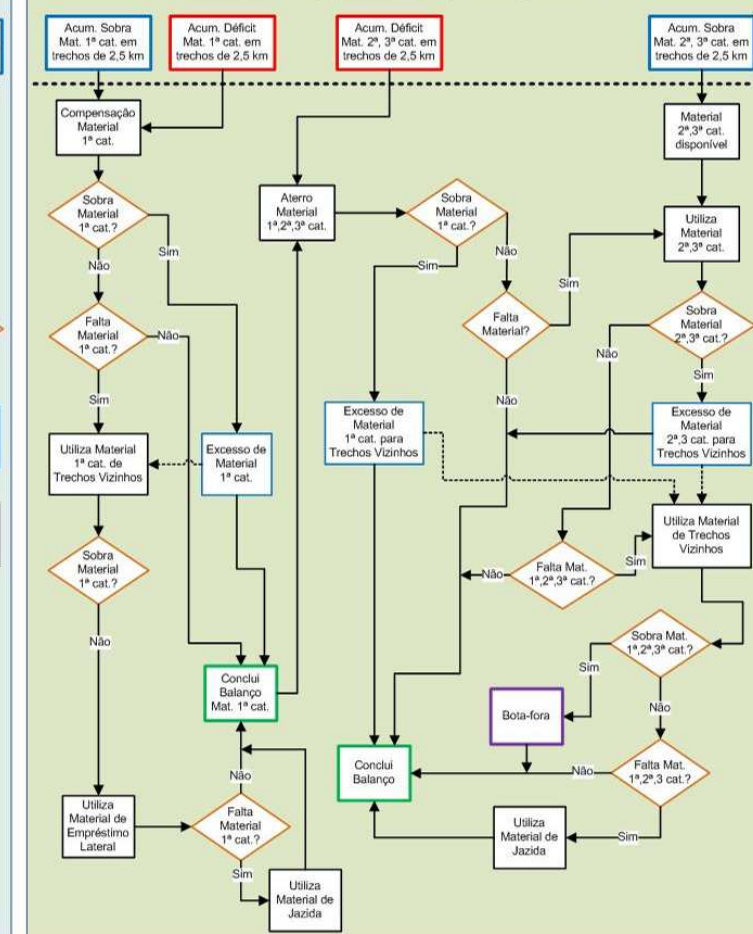


Figura 5.1 – Fluxograma do Balanço de Materiais

Gráfico 1 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.1 do CAC
VOLUMES BRUTOS ACUMULADOS

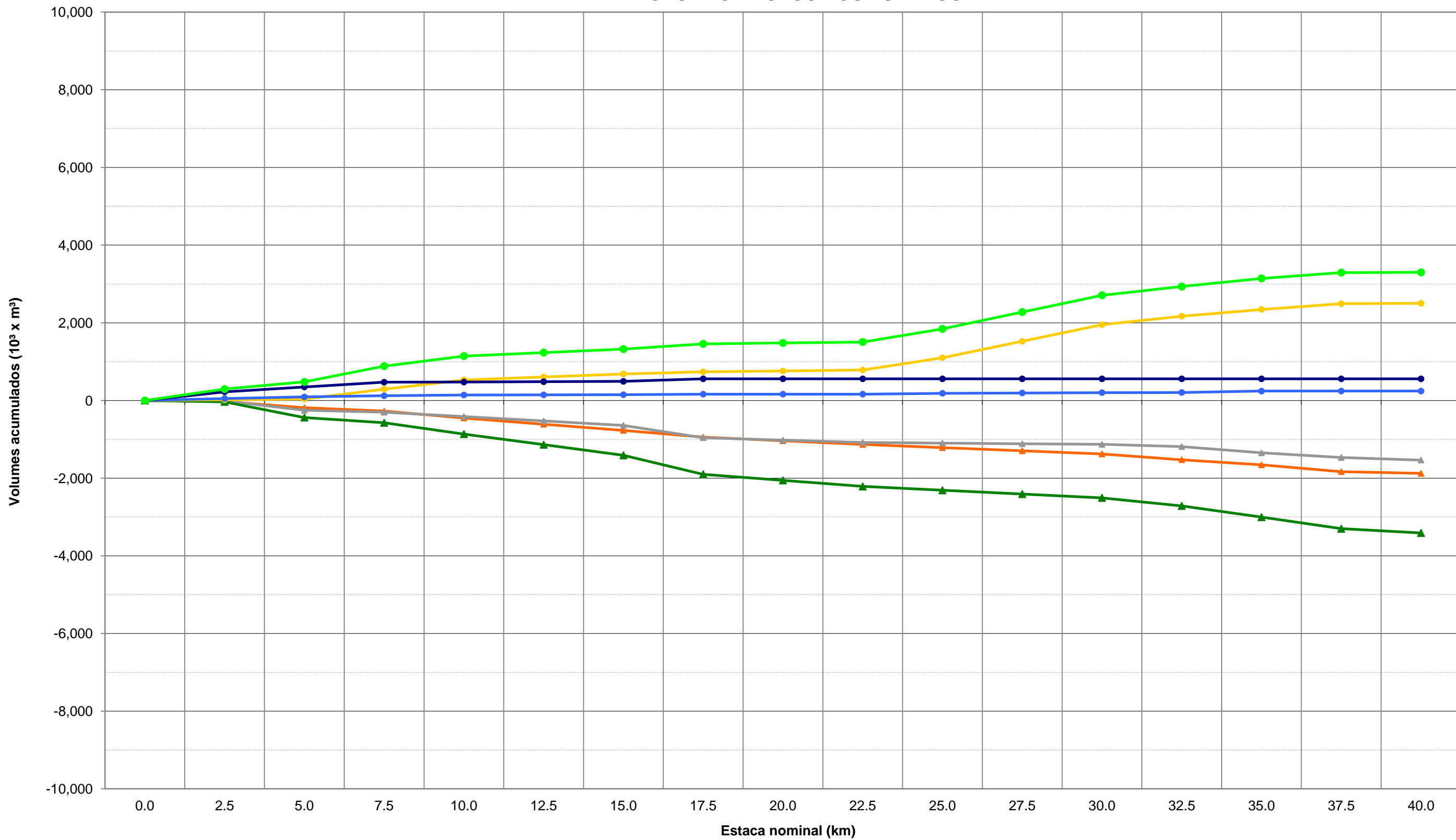


Gráfico 2 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.1 do CAC
VOLUMES LÍQUIDOS ACUMULADOS

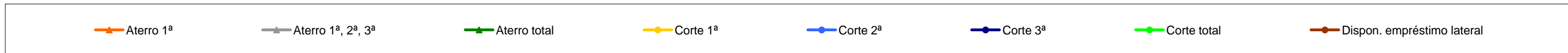
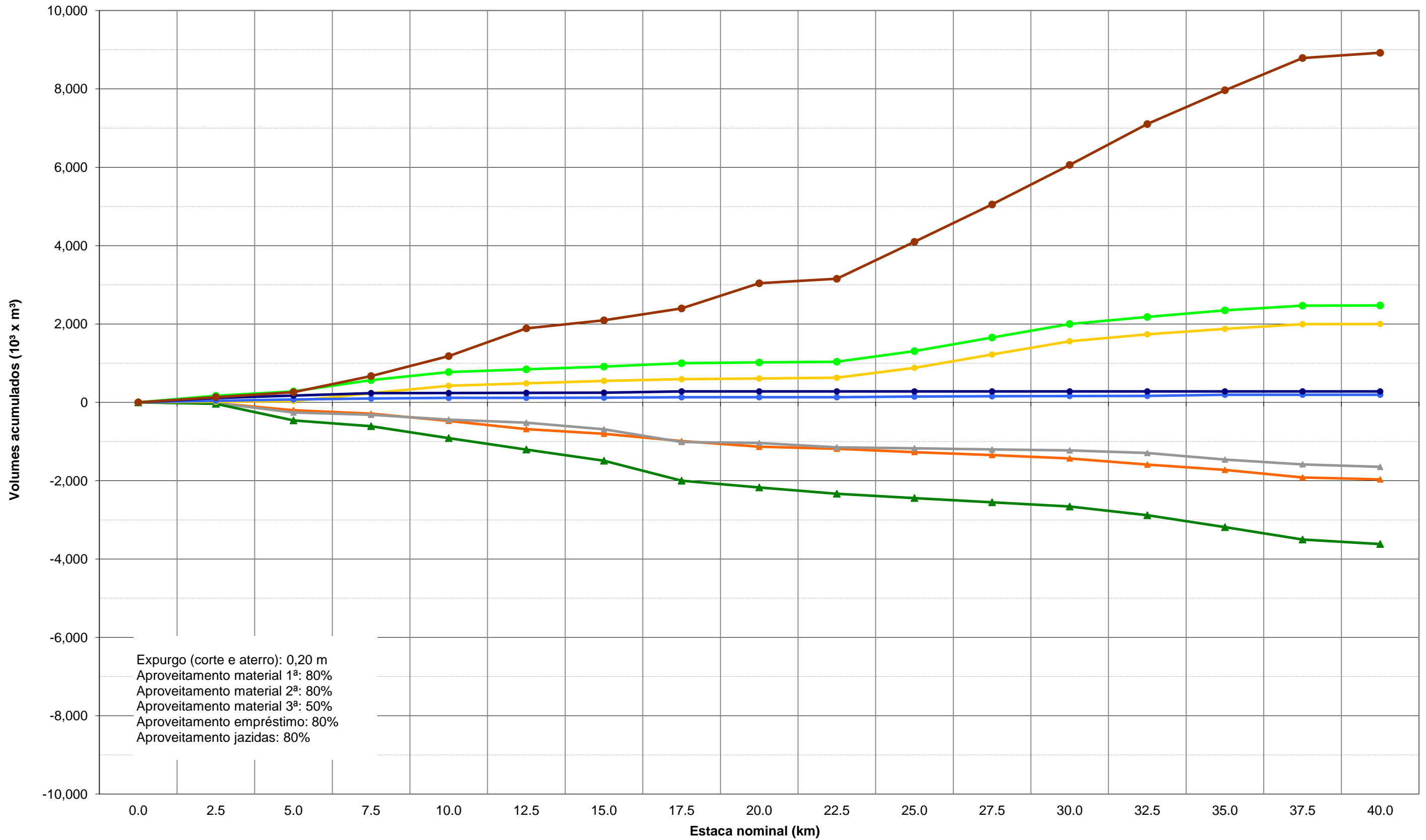
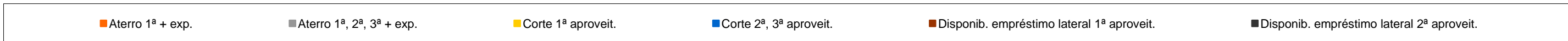
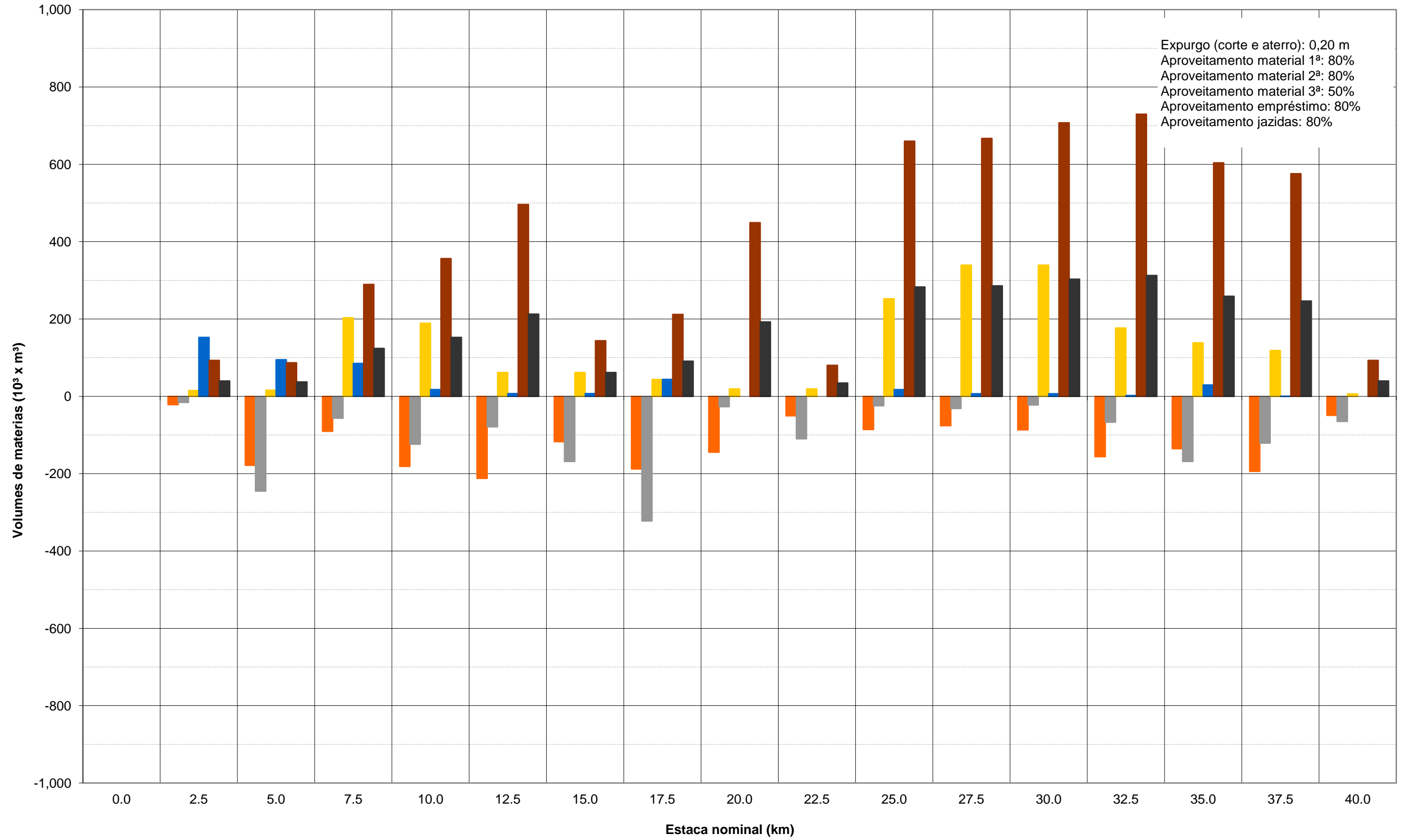
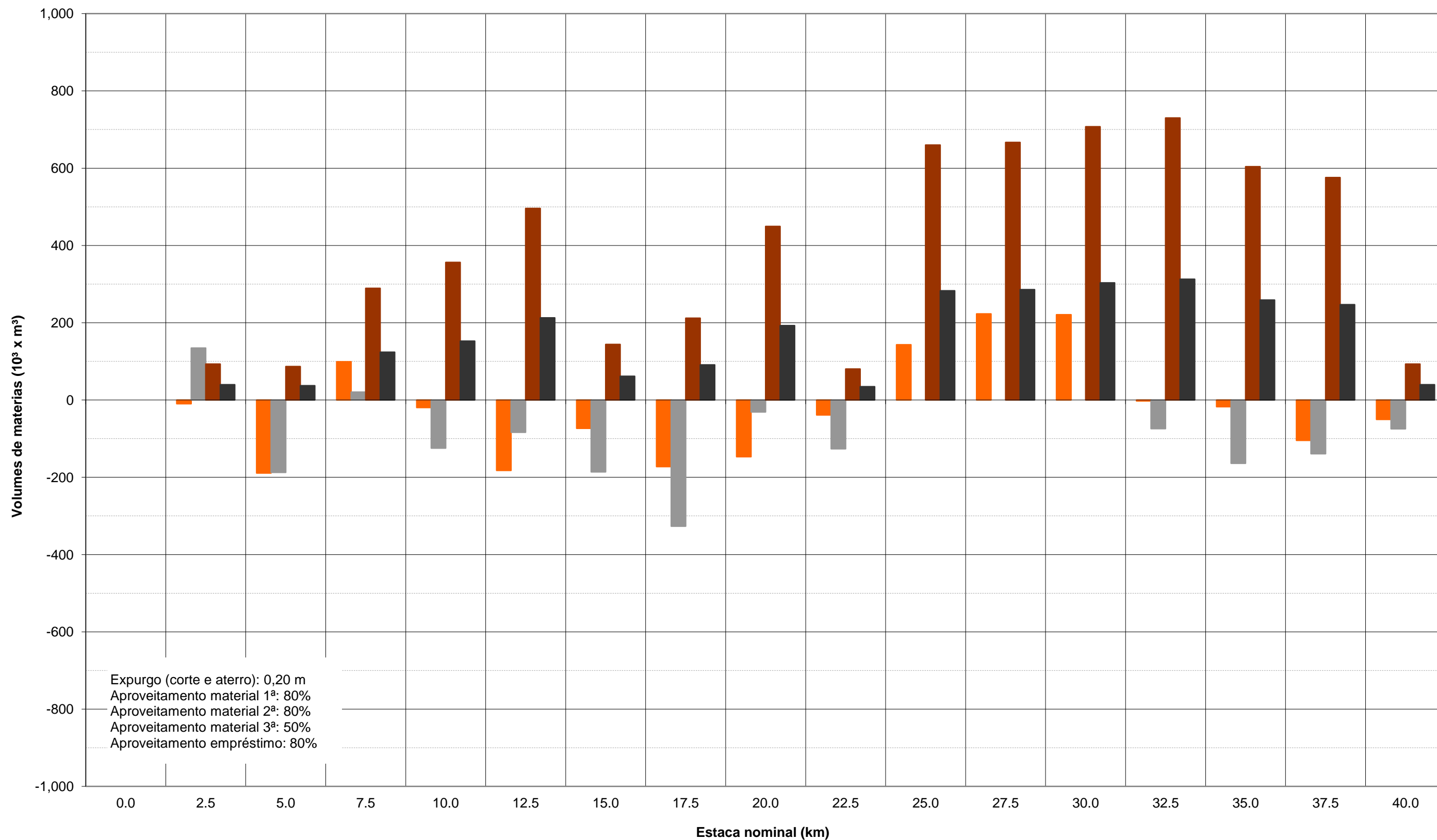


Gráfico 3 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.1 do CAC para Balanço em Intervalos de 2,5 km - VOLUMES LÍQUIDOS

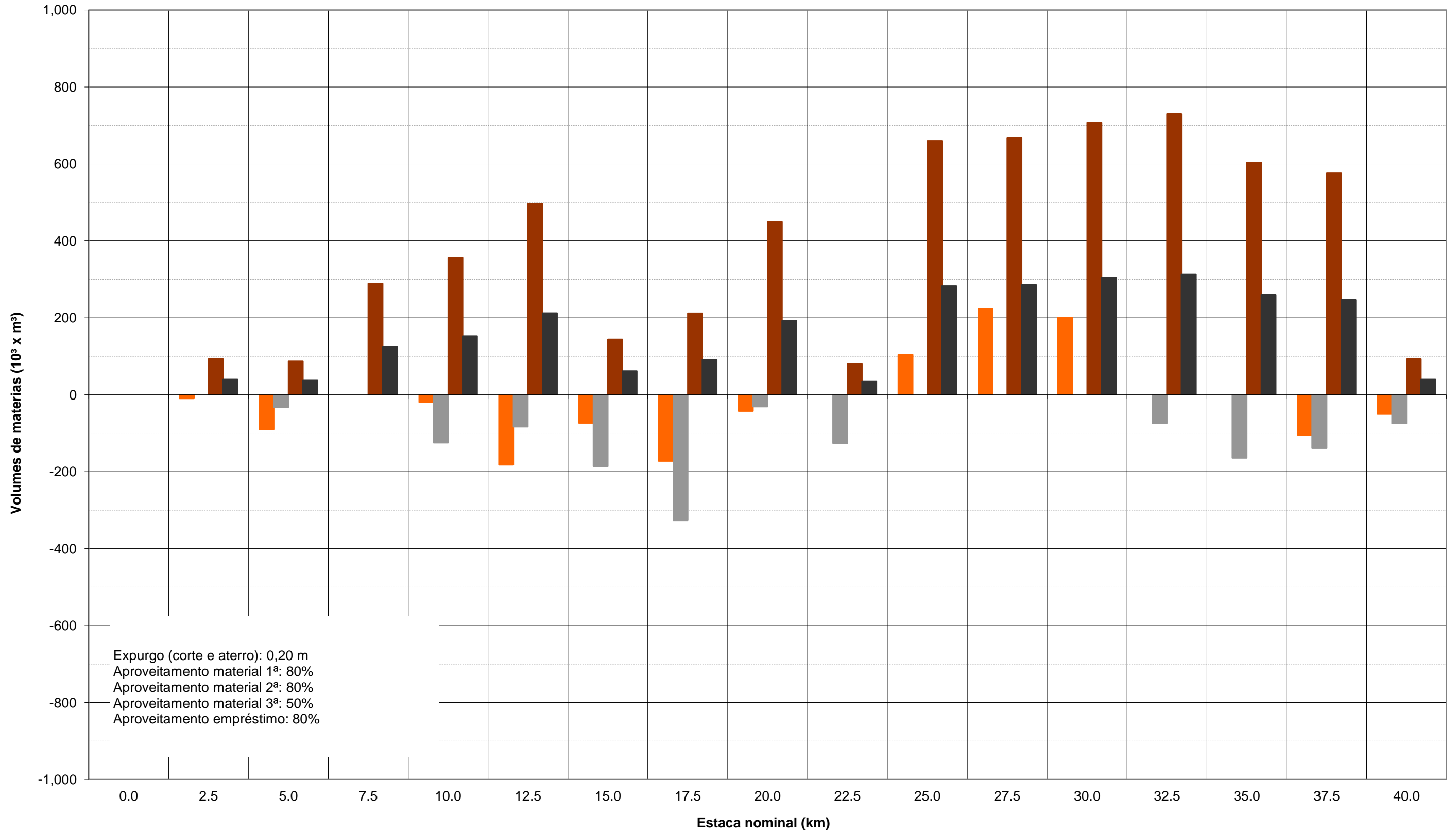


**Gráfico 4 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.1 do CAC
em Intervalos de 2,5 km**



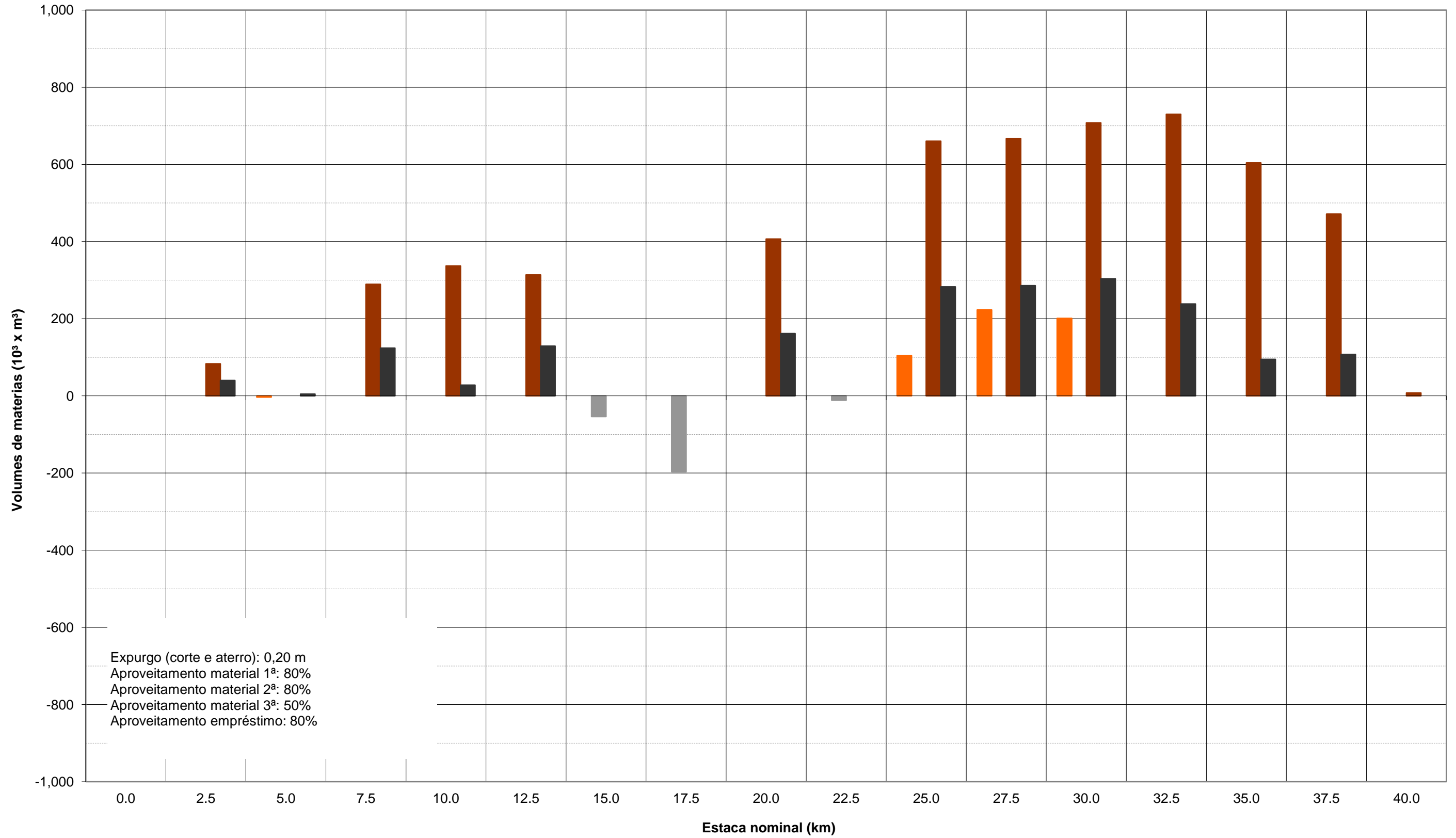
■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra), 2ª, 3ª aproveit. - Aterro 1ª, 2ª, 3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 5 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.1 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento de Sobras dos Trechos Vizinhos até DMT = 5,0 km



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra), 2ª, 3ª aproveit. - Aterro 1ª, 2ª, 3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 6 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.1 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento dos Trechos Vizinhos e Empréstimo Lateral



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra),2ª,3ª aproveit. - Aterro 1ª,2ª,3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 7 - Utilização de material de empréstimo lateral e de jazidas no Trecho 1.1 do CAC

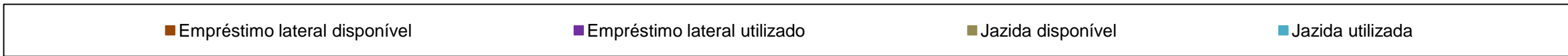
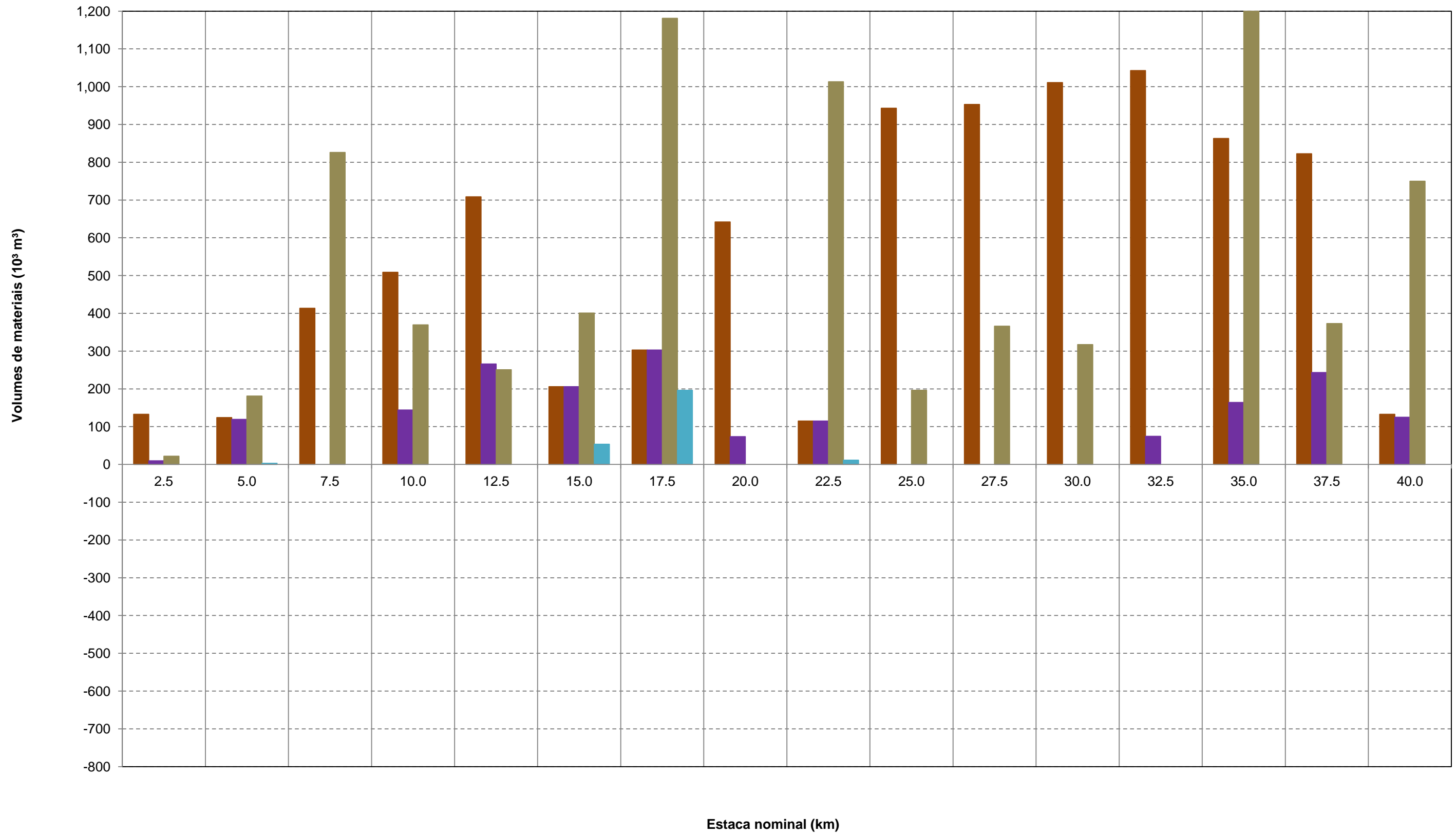


Gráfico 8 - Balanço de Material de Bota-Fora no Trecho 1.1 do CAC em Intervalos de 2,5 km

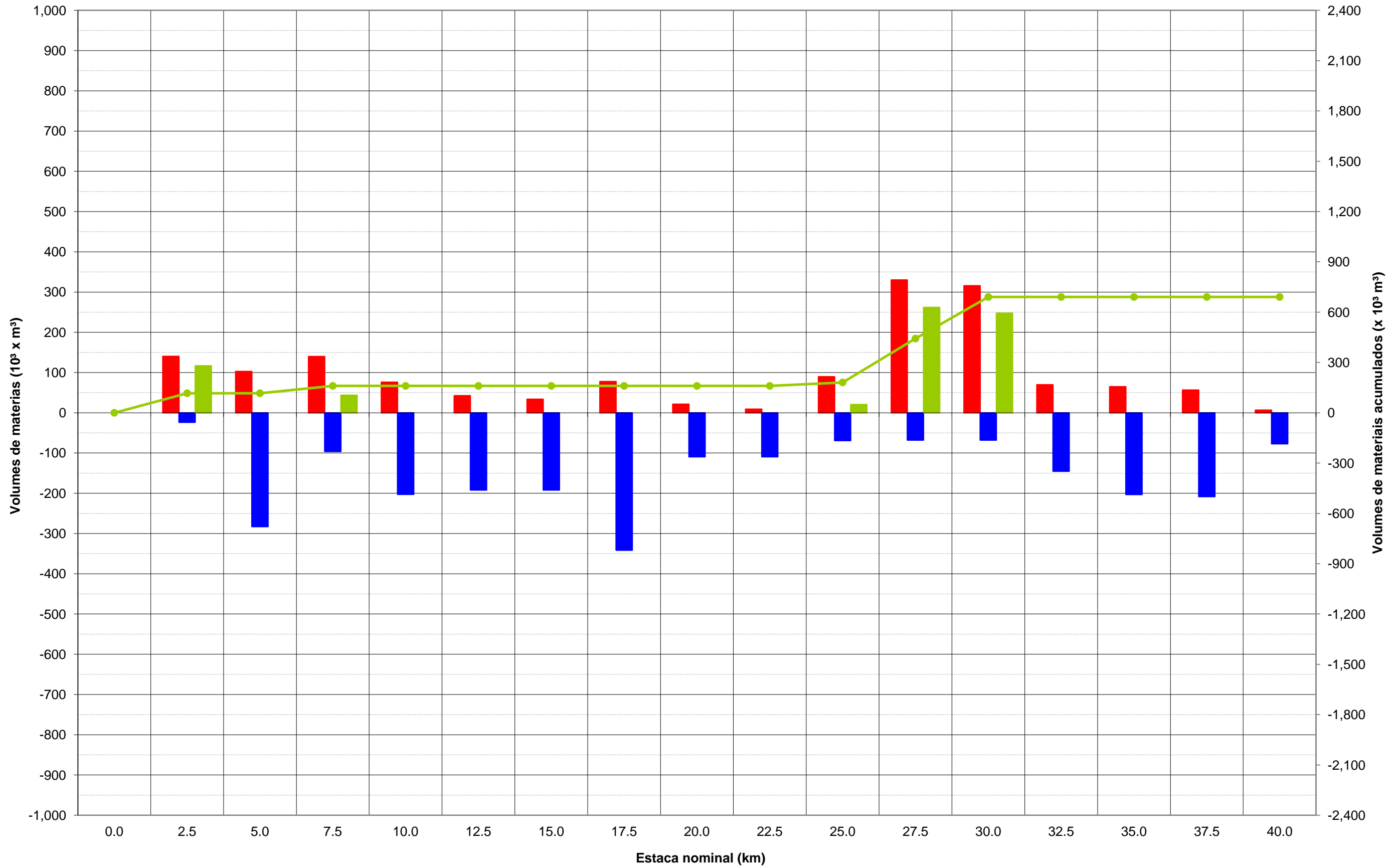


Gráfico 9 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.2 do CAC
VOLUMES BRUTOS ACUMULADOS

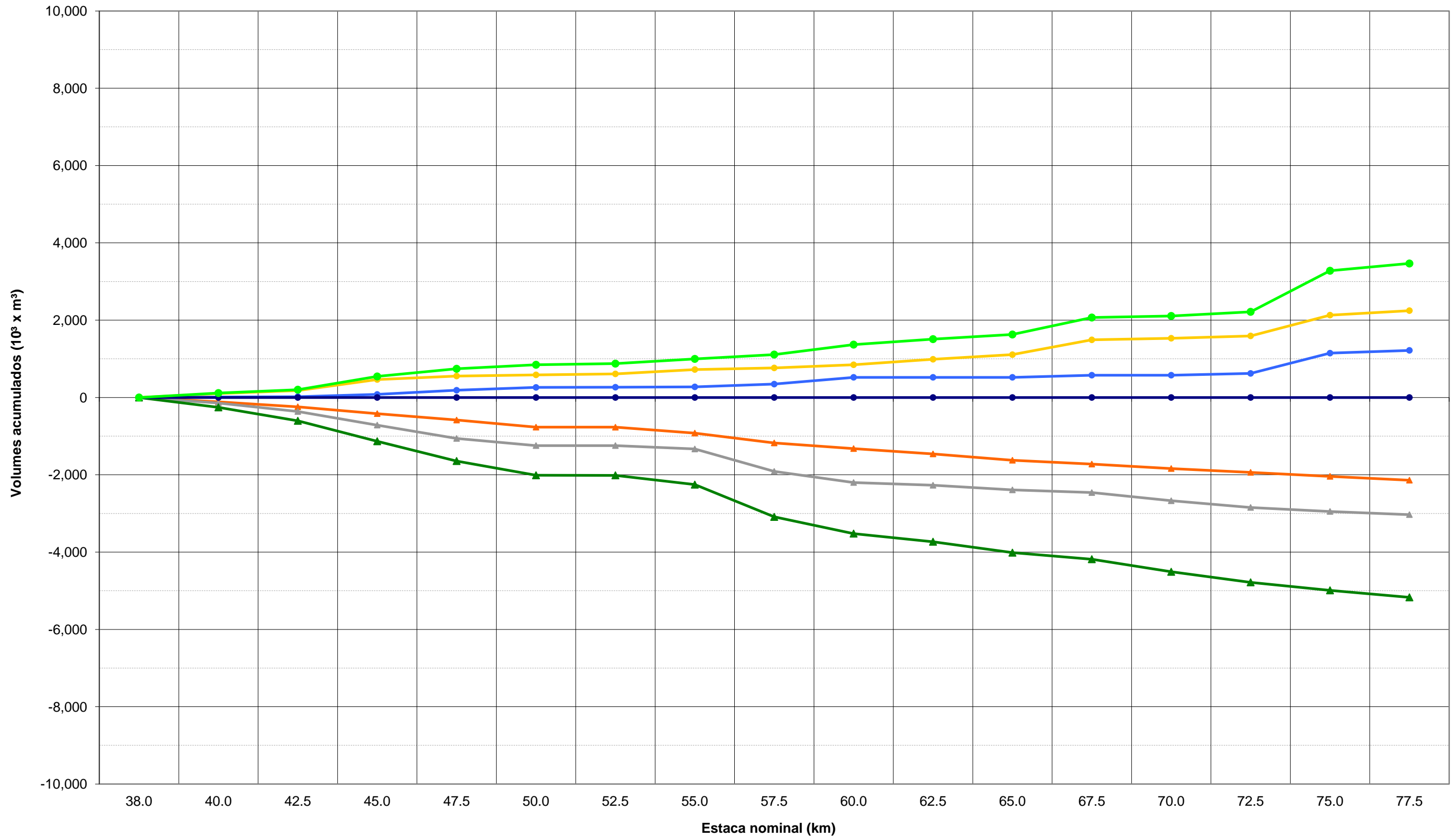
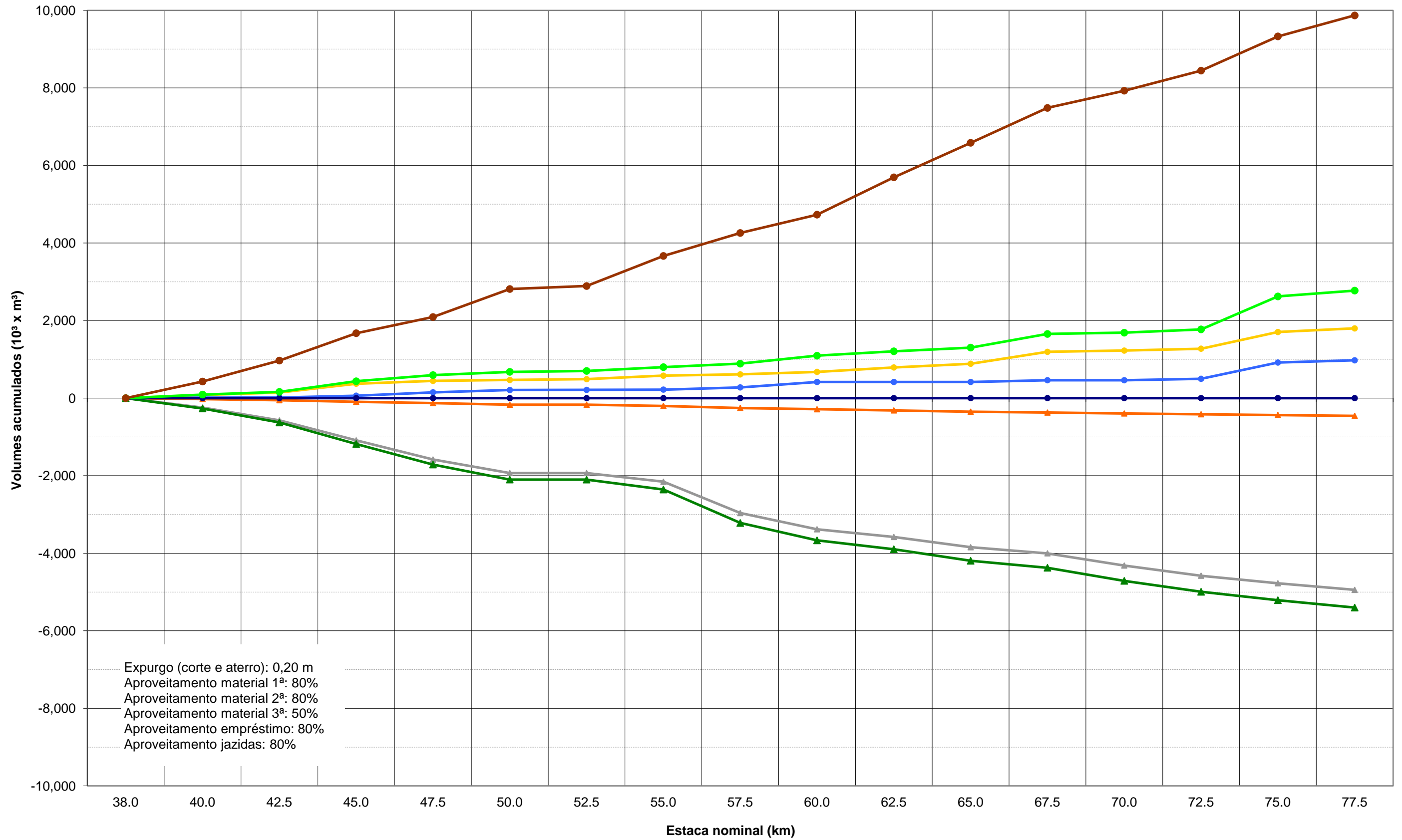


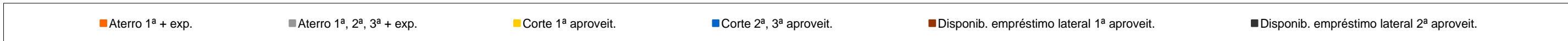
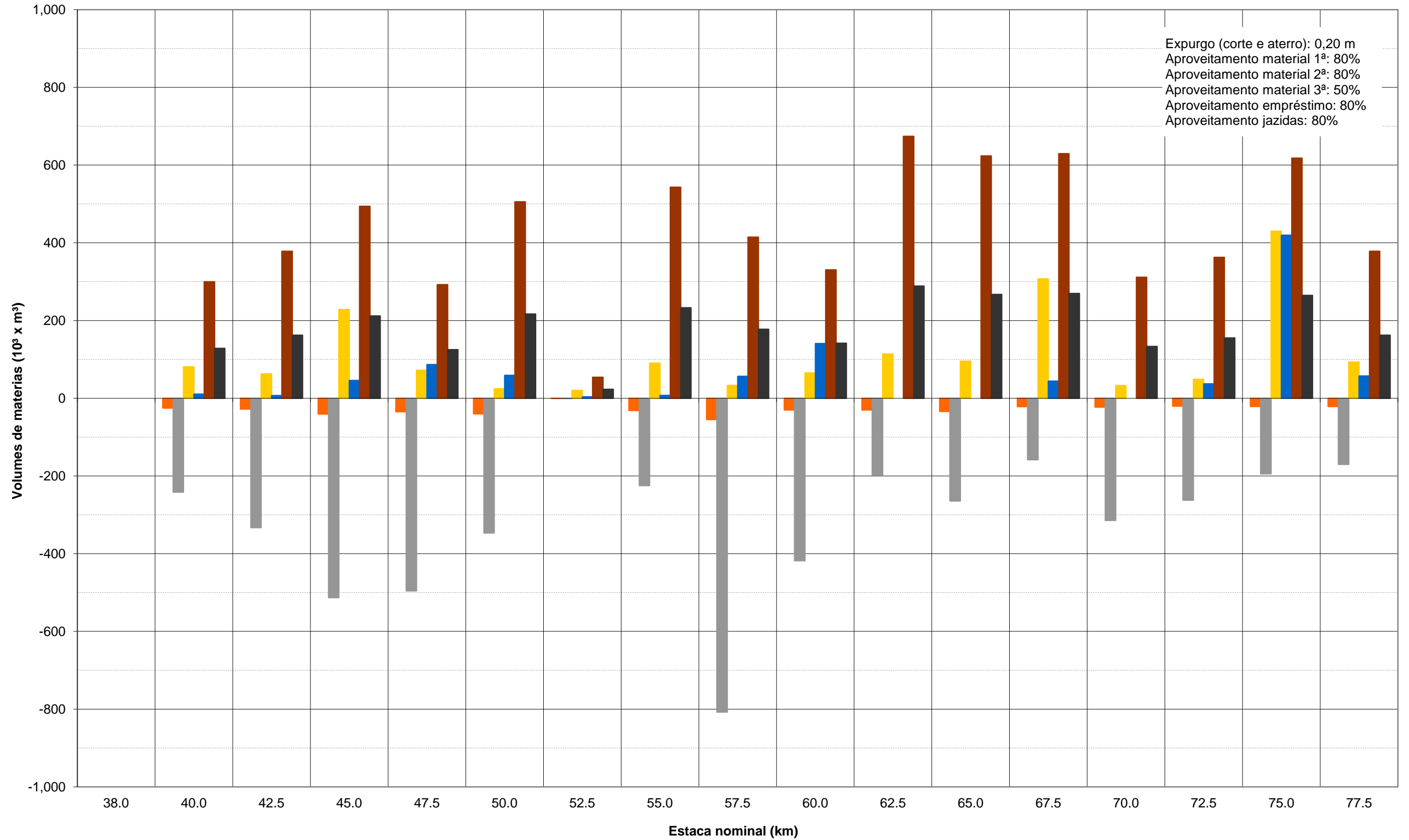
Gráfico 10 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1 .2 do CAC
VOLUMES LÍQUIDOS ACUMULADOS



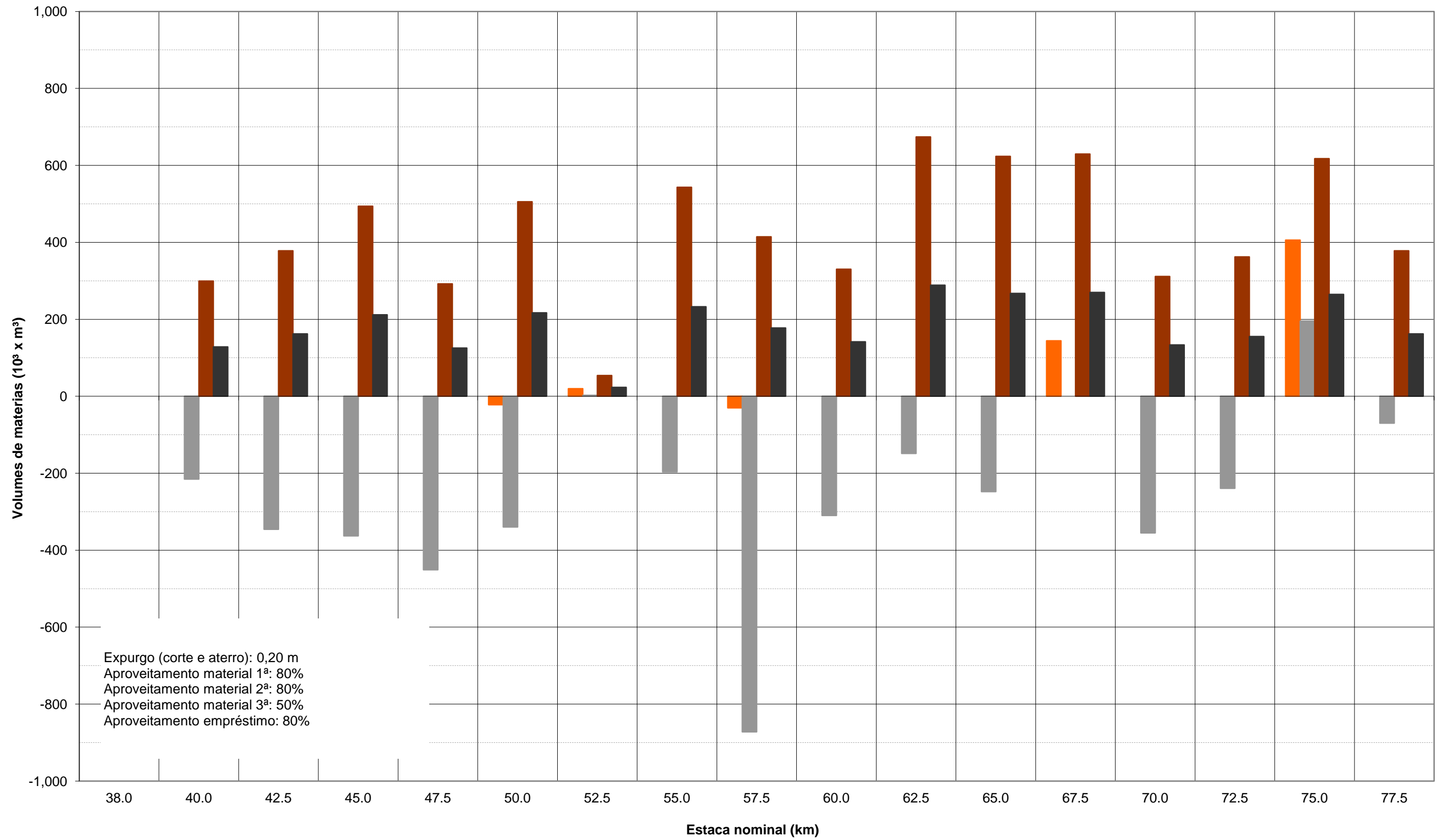
Expurgo (corte e aterro): 0,20 m
 Aproveitamento material 1ª: 80%
 Aproveitamento material 2ª: 80%
 Aproveitamento material 3ª: 50%
 Aproveitamento empréstimo: 80%
 Aproveitamento jazidas: 80%



Gráfico 11 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.2 do CAC para Balanço em Intervalos de 2,5 km - VOLUMES LÍQUIDOS

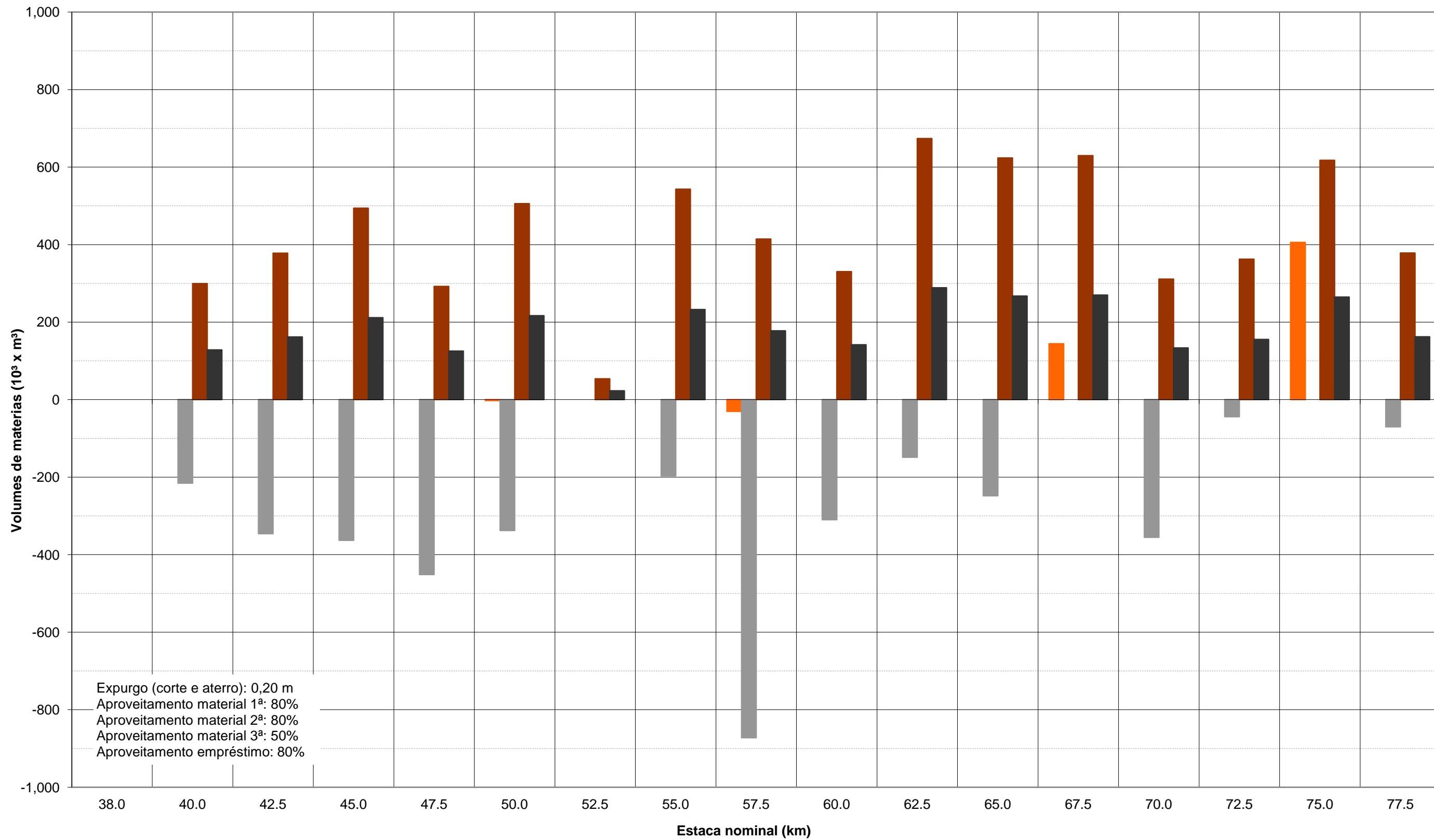


**Gráfico 12 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.2 do CAC
em Intervalos de 2,5 km**



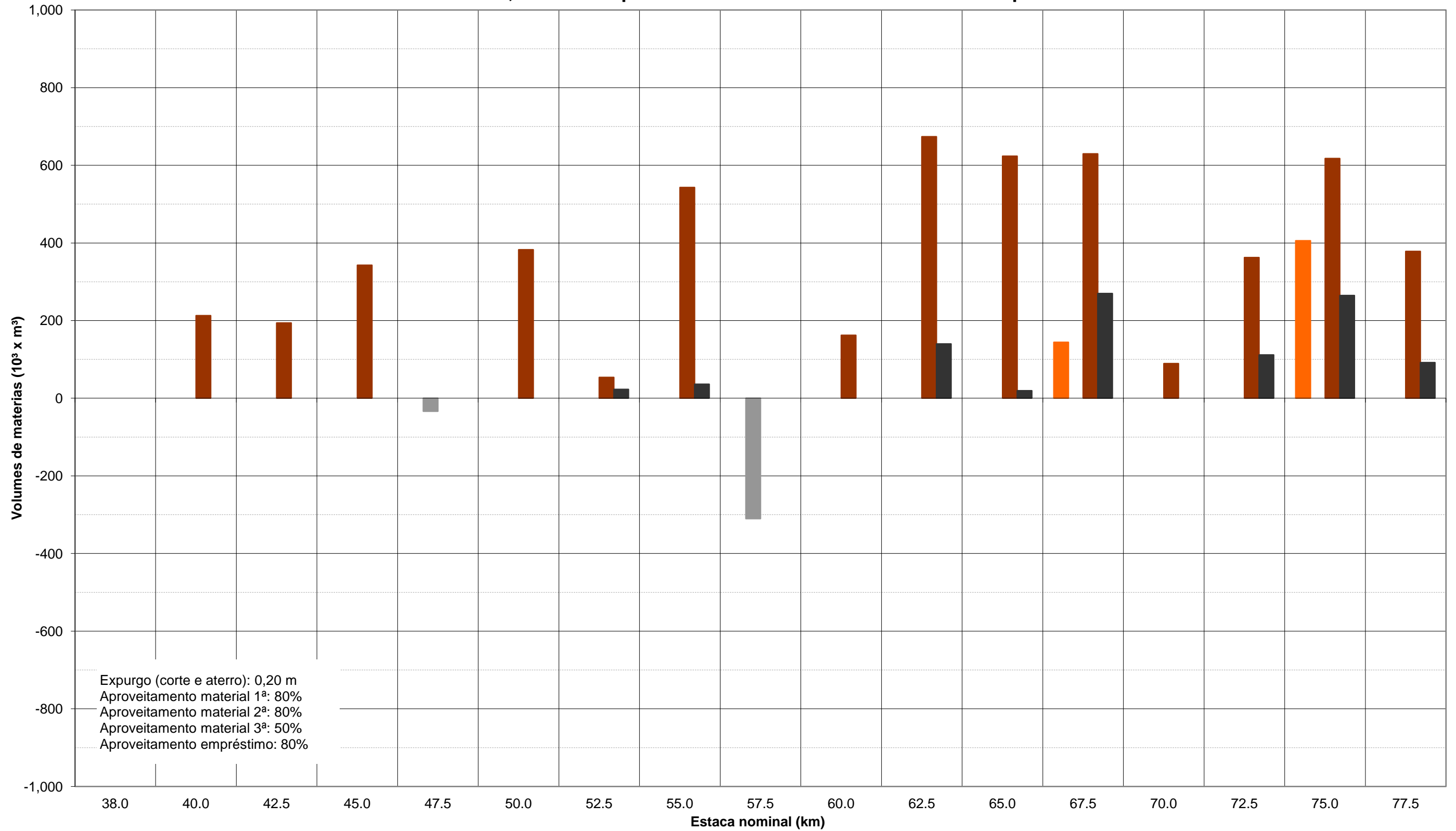
■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra),2ª,3ª aproveit. - Aterro 1ª,2ª,3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 13 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.2 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento de Sobras dos Trechos Vizinhos até DMT = 5,0 km



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra),2ª,3ª aproveit. - Aterro 1ª,2ª,3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 14 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.2 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento dos Trechos Vizinhos e Empréstimo Lateral



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra), 2ª, 3ª aproveit. - Aterro 1ª, 2ª, 3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 15 - Utilização de material de empréstimo lateral e de jazidas no Trecho 1.2 do CAC

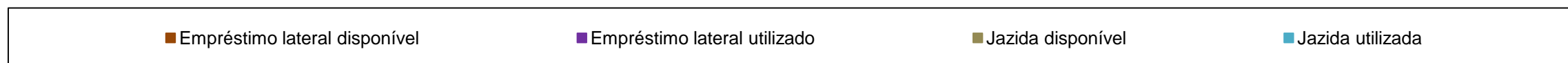
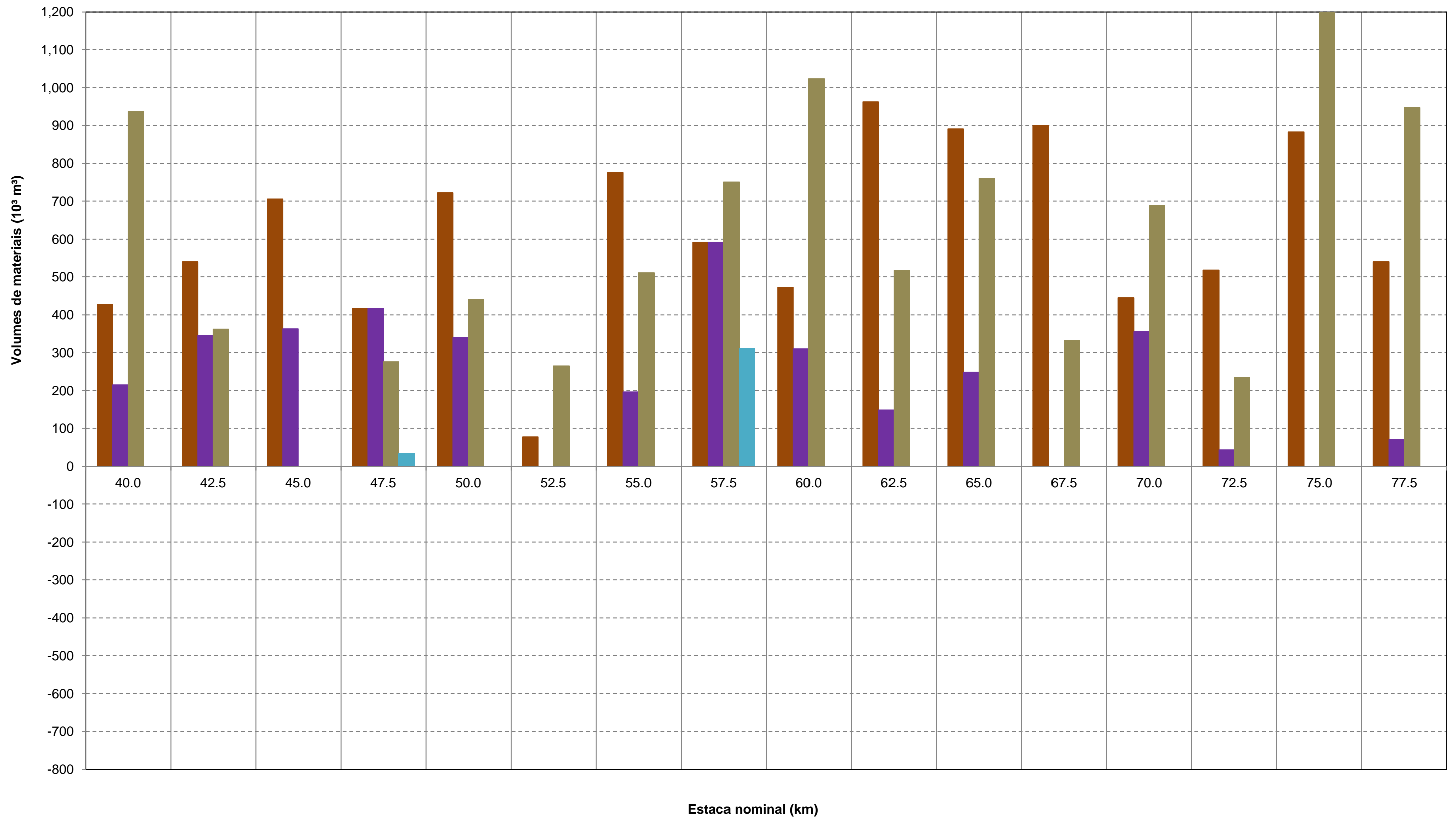


Gráfico 16- Balanço de Material de Bota-Fora no Trecho 1.2 do CAC em Intervalos de 2,5 km

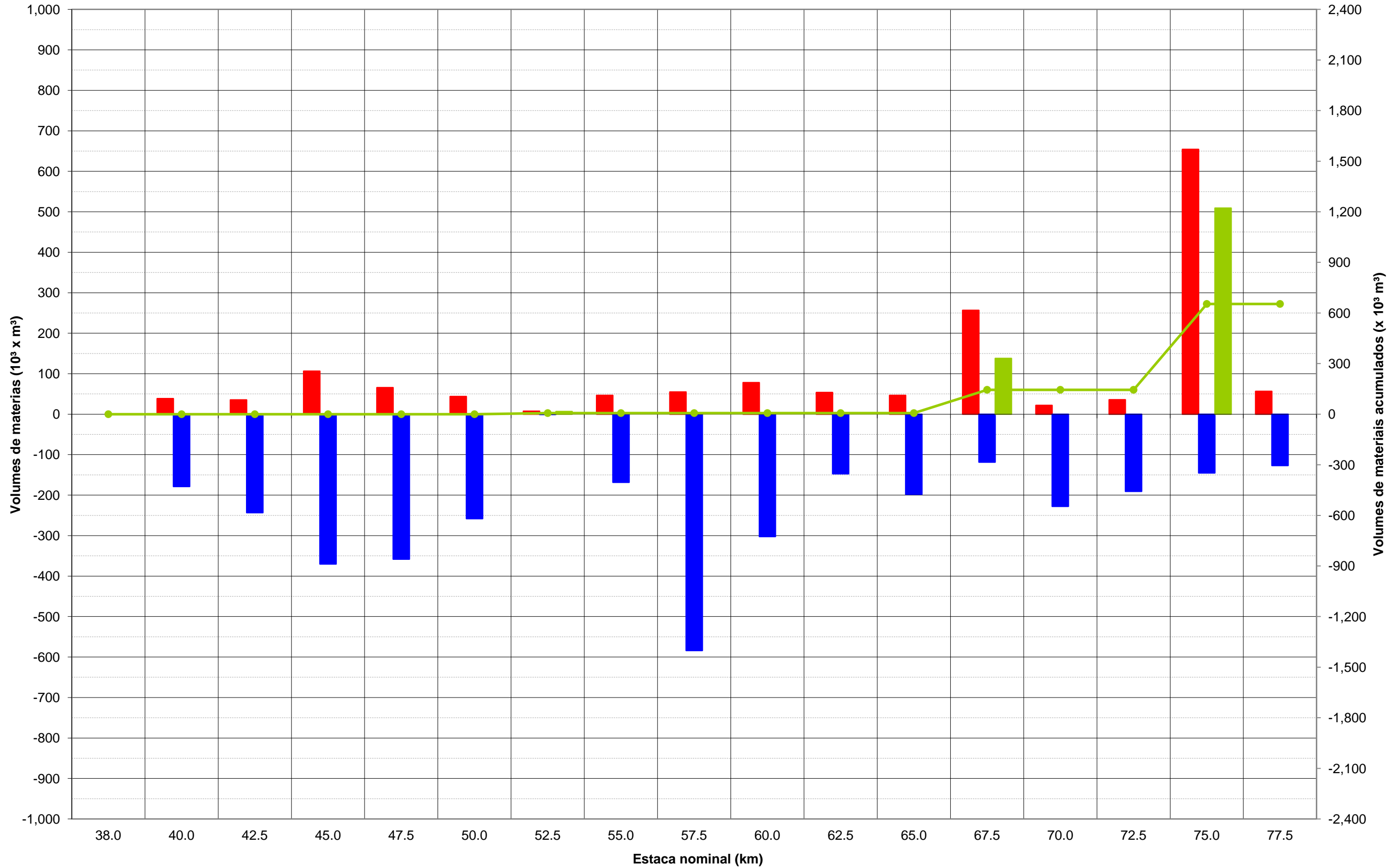


Gráfico 17- Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.3 do CAC
VOLUMES BRUTOS ACUMULADOS

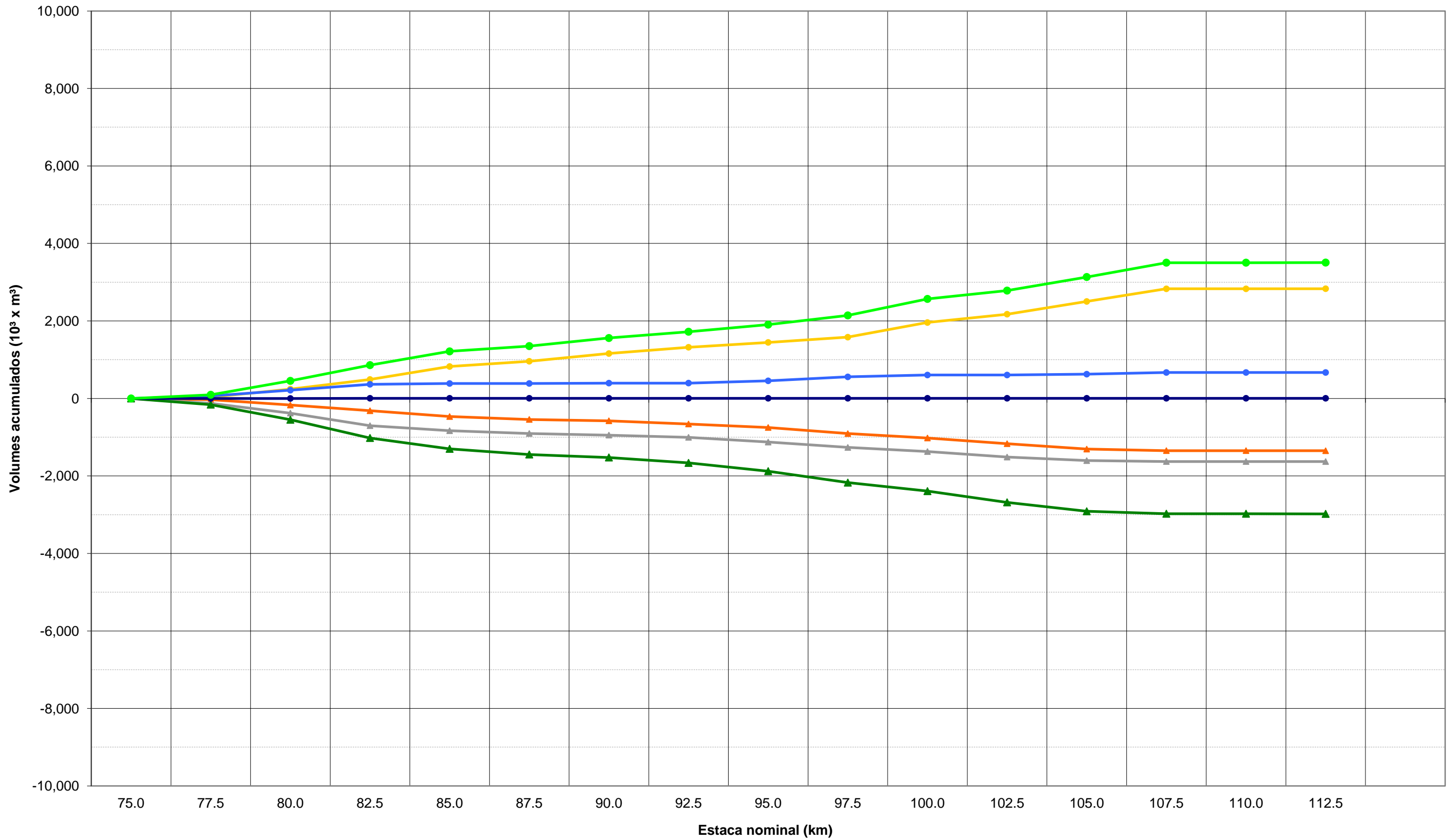
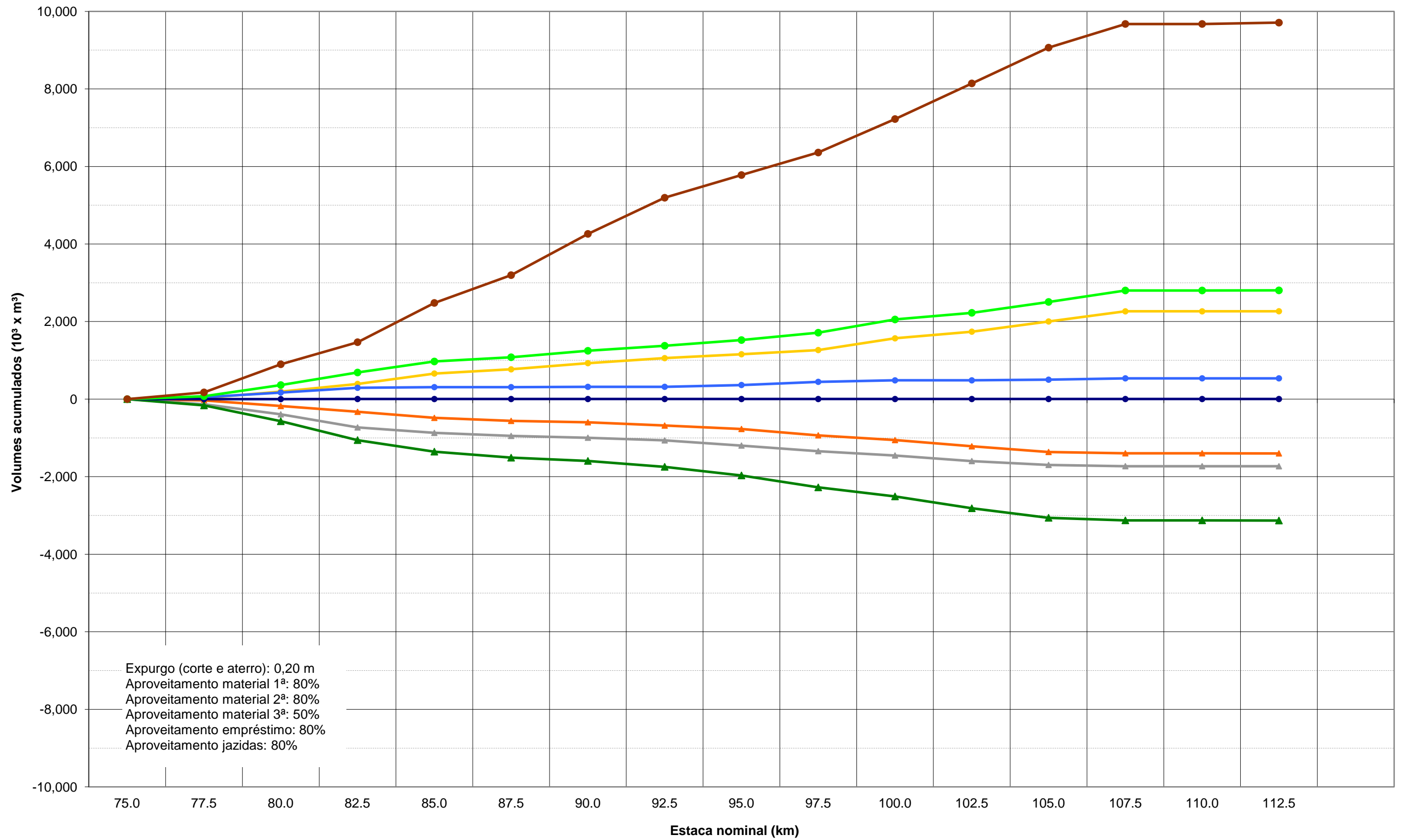
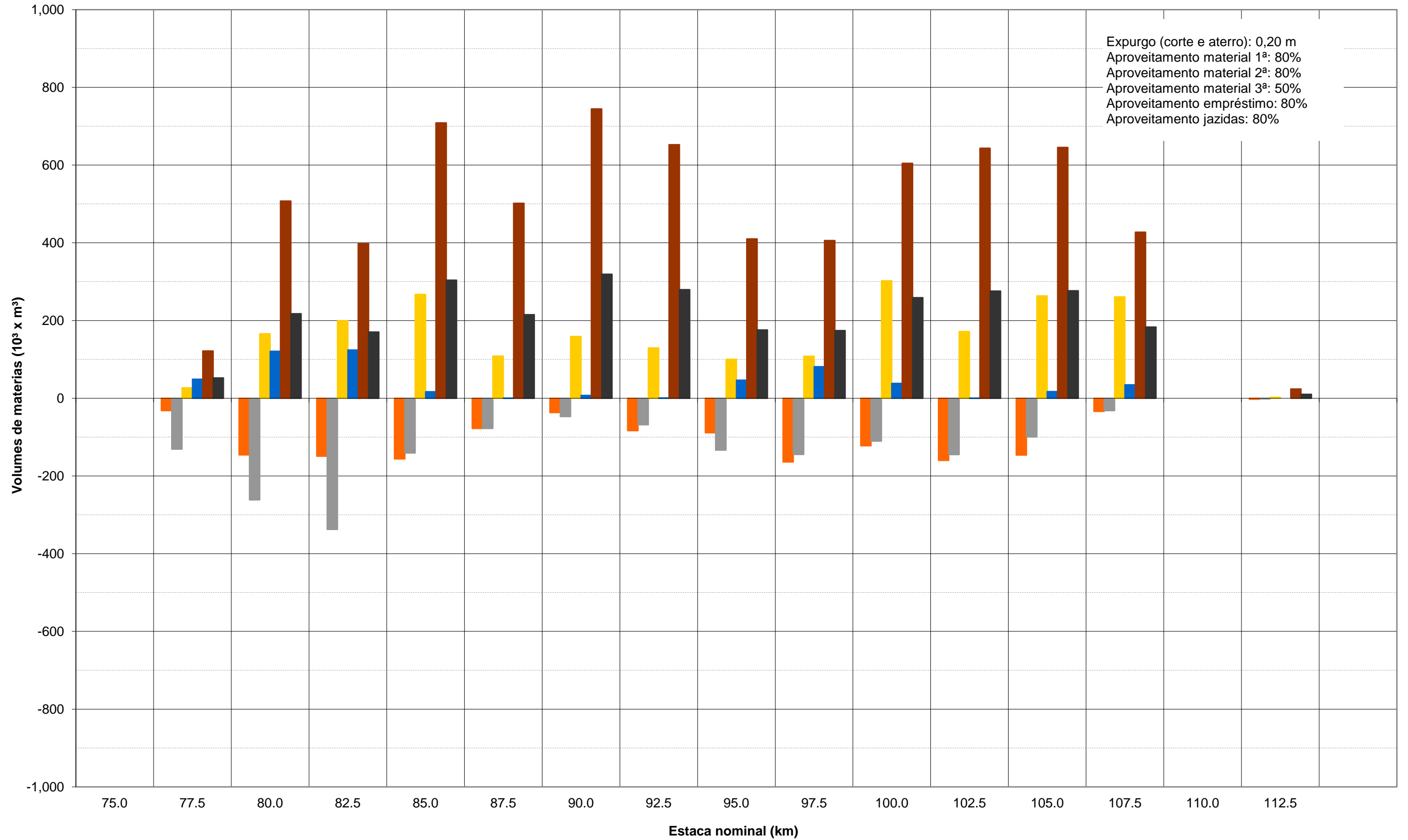


Gráfico 18 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.3 do CAC
VOLUMES LÍQUIDOS ACUMULADOS



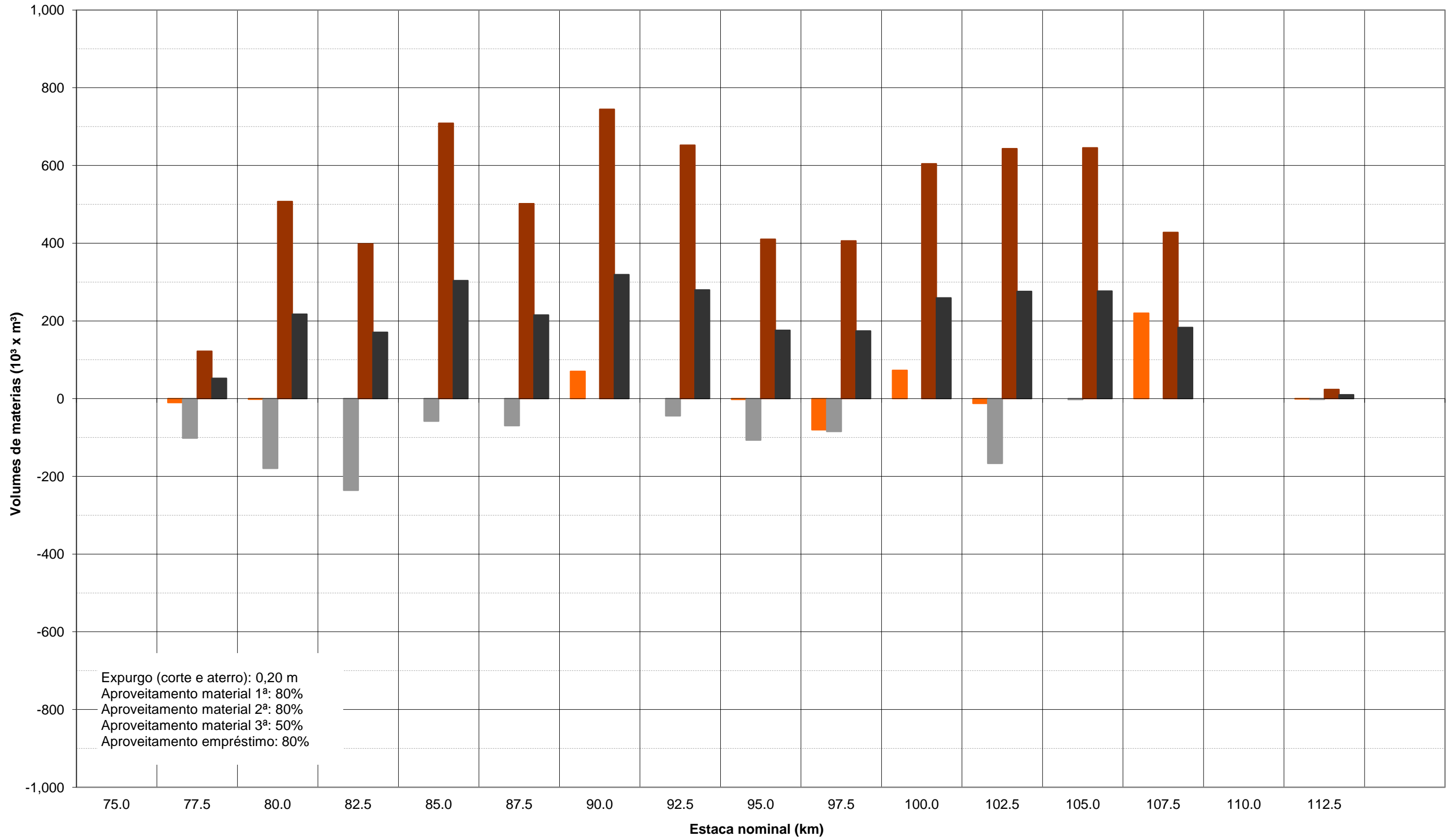
Expurgo (corte e aterro): 0,20 m
 Aproveitamento material 1ª: 80%
 Aproveitamento material 2ª: 80%
 Aproveitamento material 3ª: 50%
 Aproveitamento empréstimo: 80%
 Aproveitamento jazidas: 80%

Gráfico 19 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.3 do CAC para Balanço em Intervalos de 2,5 km - VOLUMES LÍQUIDOS



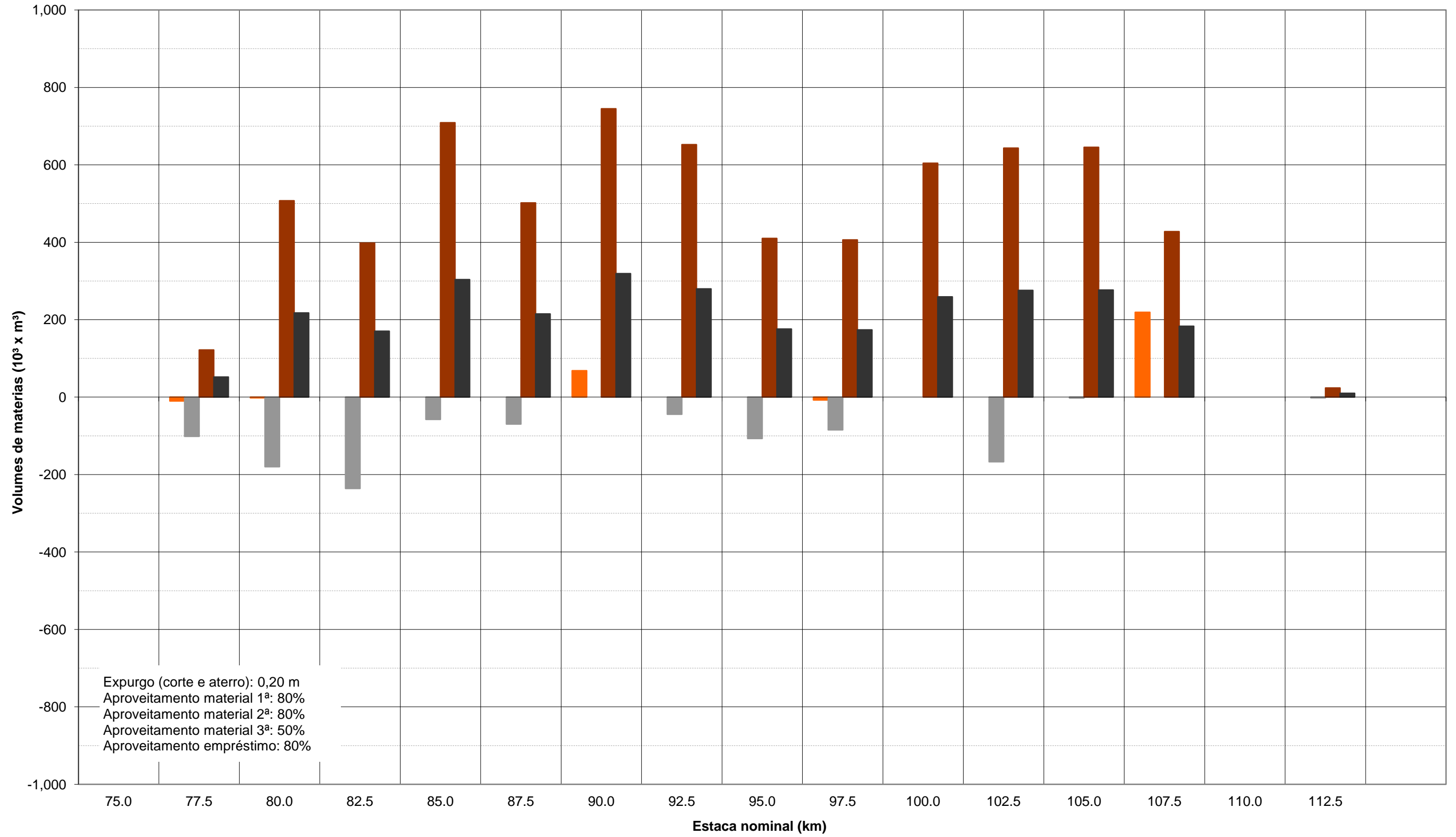
■ Aterro 1ª + exp.
 ■ Aterro 1ª, 2ª, 3ª + exp.
 ■ Corte 1ª aproveit.
 ■ Corte 2ª, 3ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

**Gráfico 20 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.3 do CAC
em Intervalos de 2,5 km**



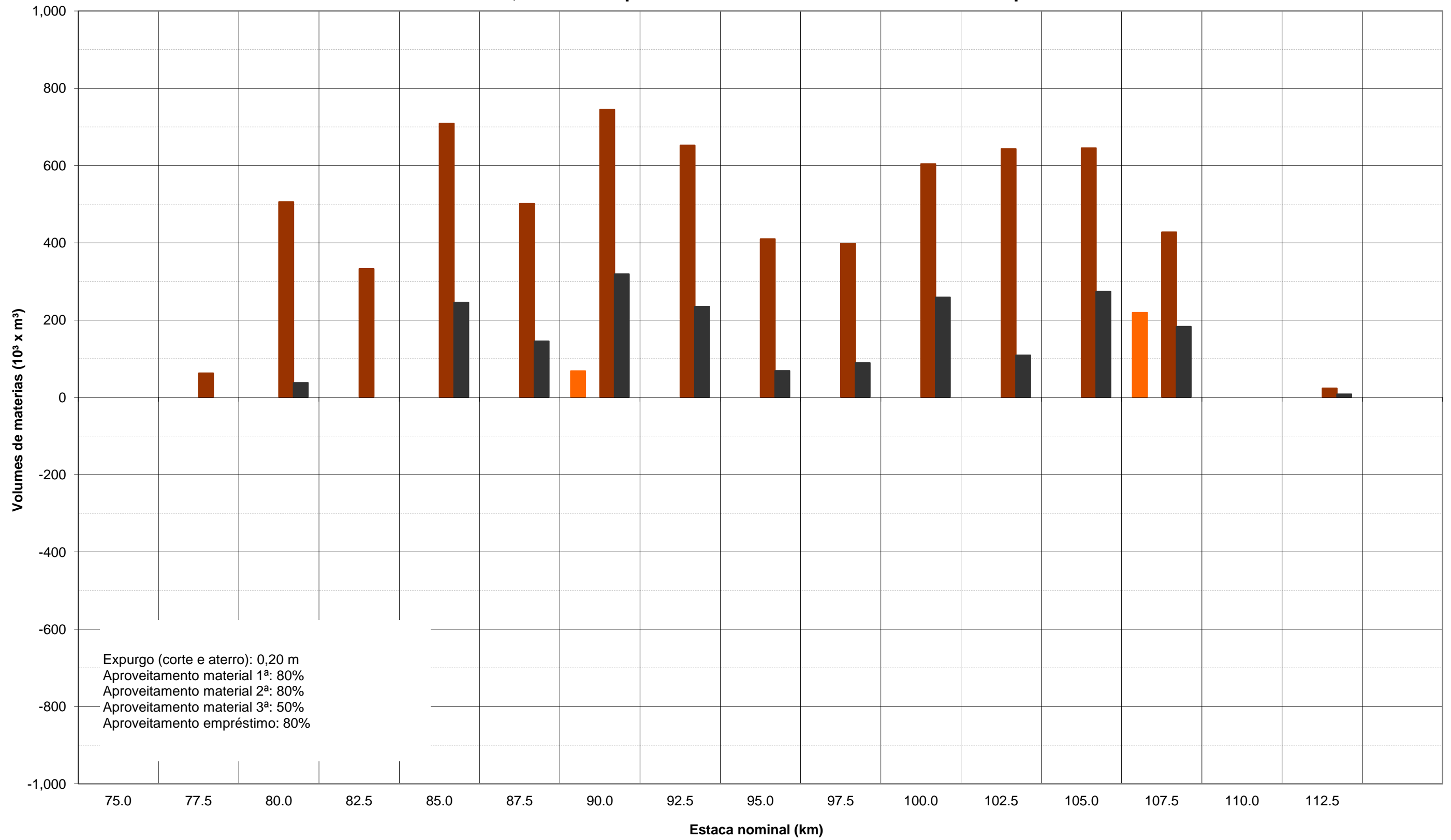
■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra), 2ª, 3ª aproveit. - Aterro 1ª, 2ª, 3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 21 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.3 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento de Sobras dos Trechos Vizinhos até DMT = 5,0 km



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra),2ª,3ª aproveit. - Aterro 1ª,2ª,3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 22 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.3 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento dos Trechos Vizinhos e Empréstimo Lateral



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra), 2ª, 3ª aproveit. - Aterro 1ª, 2ª, 3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 23 -Utilização de material de empréstimo lateral e de jazidas no Trecho 1.3 do CAC

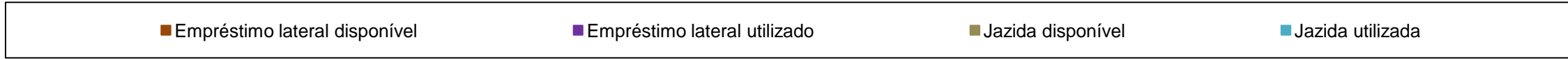
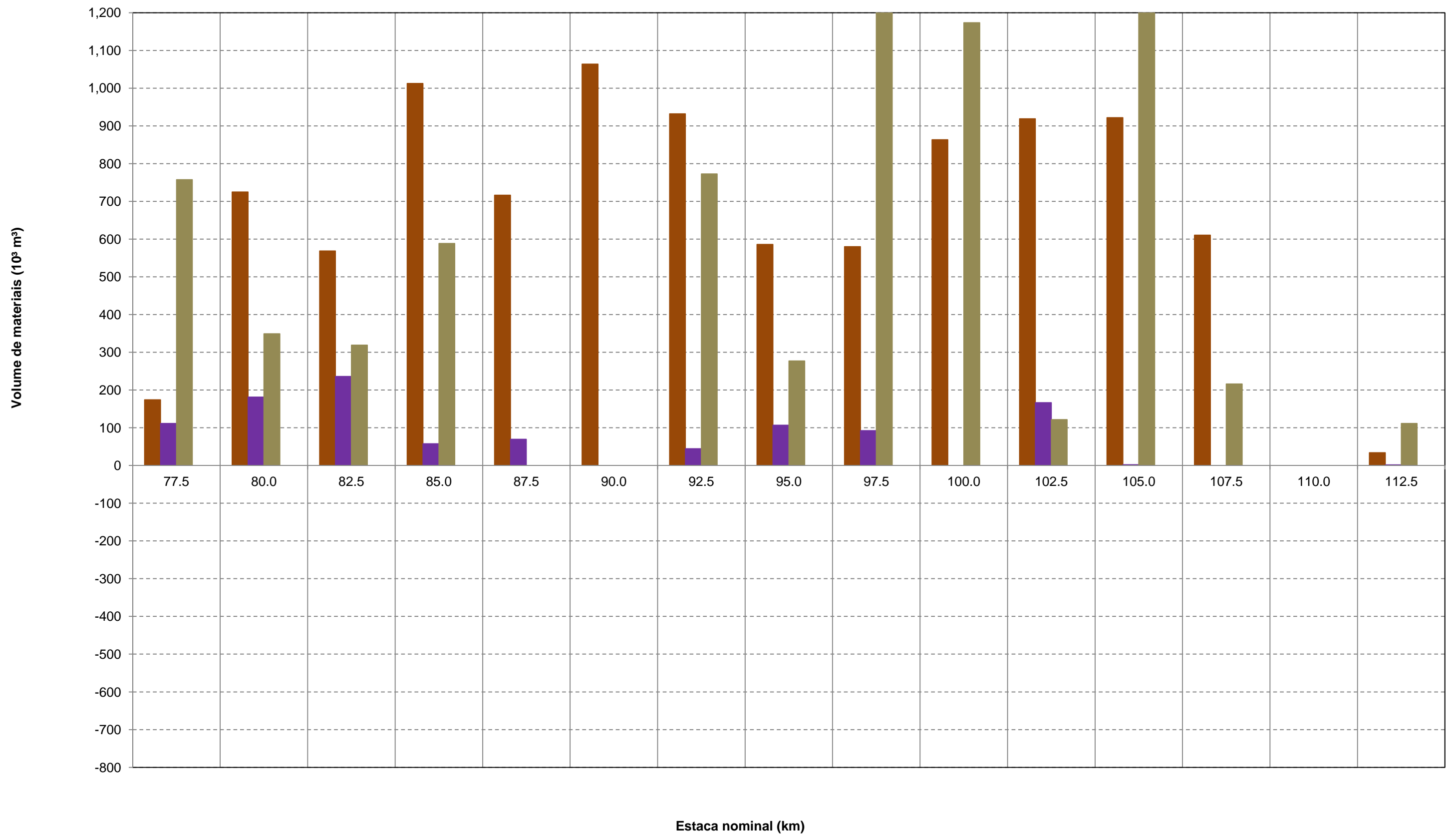
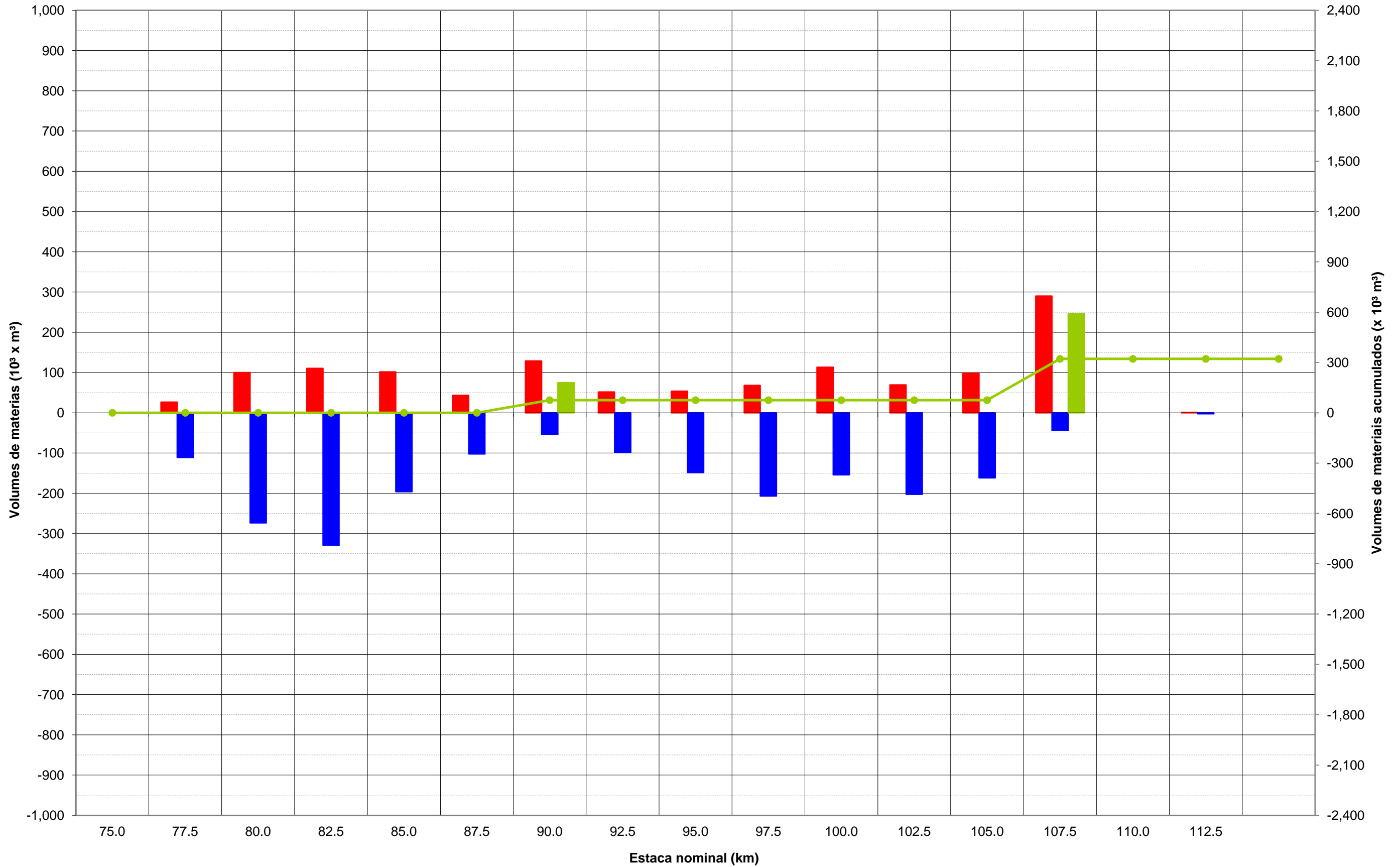


Gráfico 24 - Balanço de Material de Bota-Fora no Trecho 1.3 do CAC em Intervalos de 2,5 km



■ Bota-fora
 ■ Vol. livre para bota-fora
 ■ Balanço bota-fora
 —●— Balanço bota-fora acum.

Gráfico 25 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.4 do CAC
VOLUMES BRUTOS ACUMULADOS

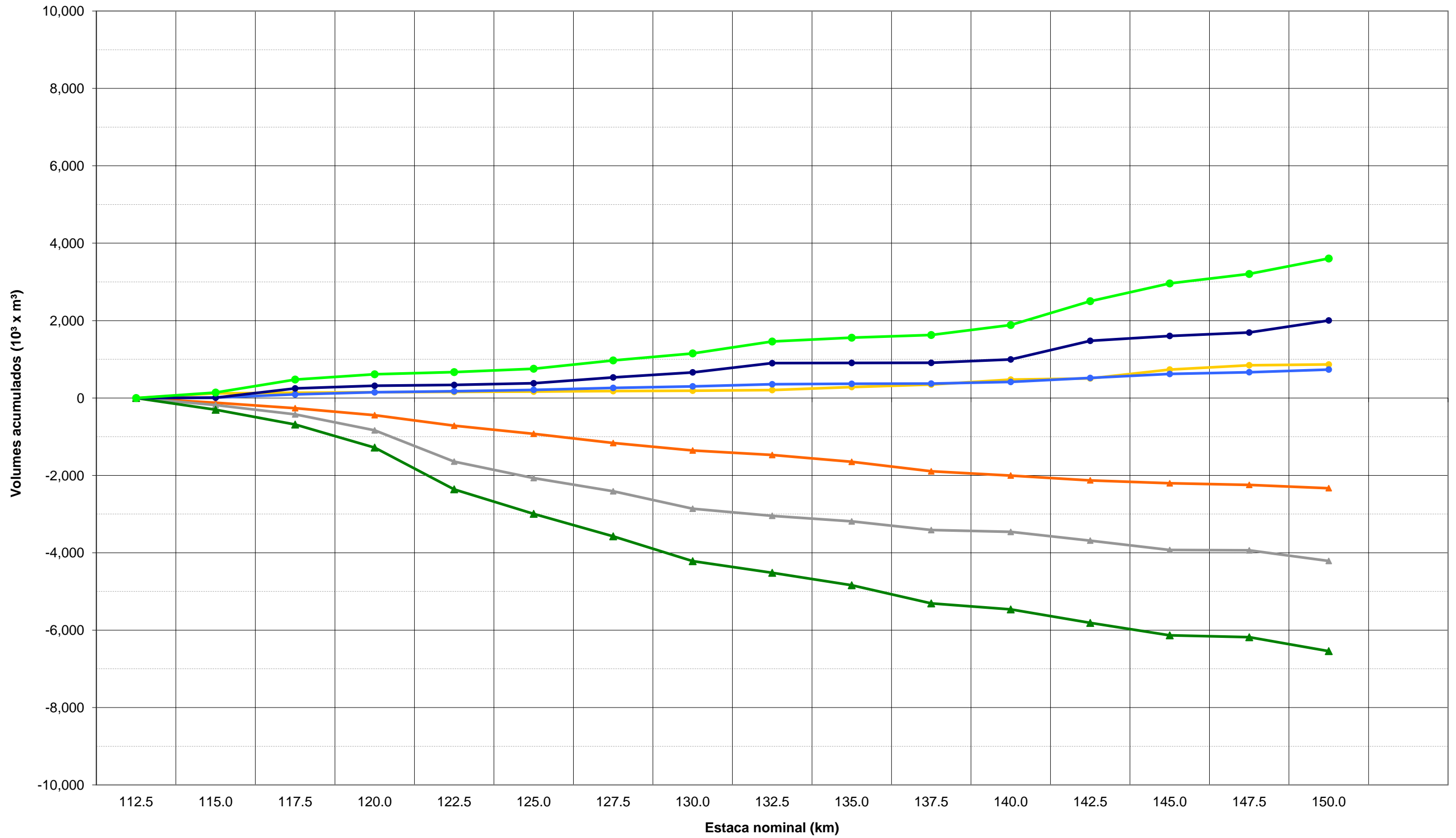


Gráfico 26 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.4 do CAC
VOLUMES LÍQUIDOS ACUMULADOS

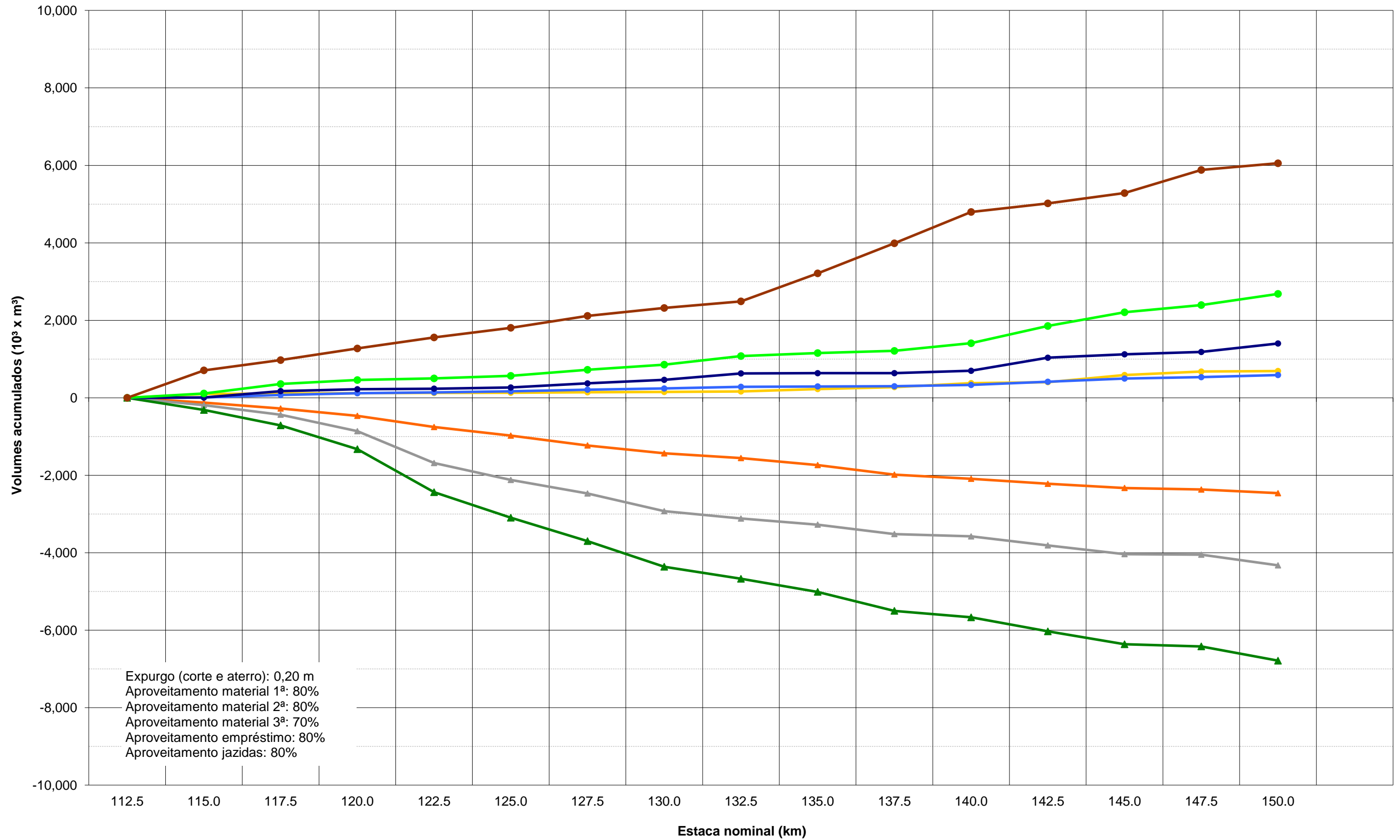


Gráfico 27 - Volumes Gerais de Terraplenagem no Trecho 1.4 do CAC para Balanço em Intervalos de 2,5 km - VOLUMES LÍQUIDOS

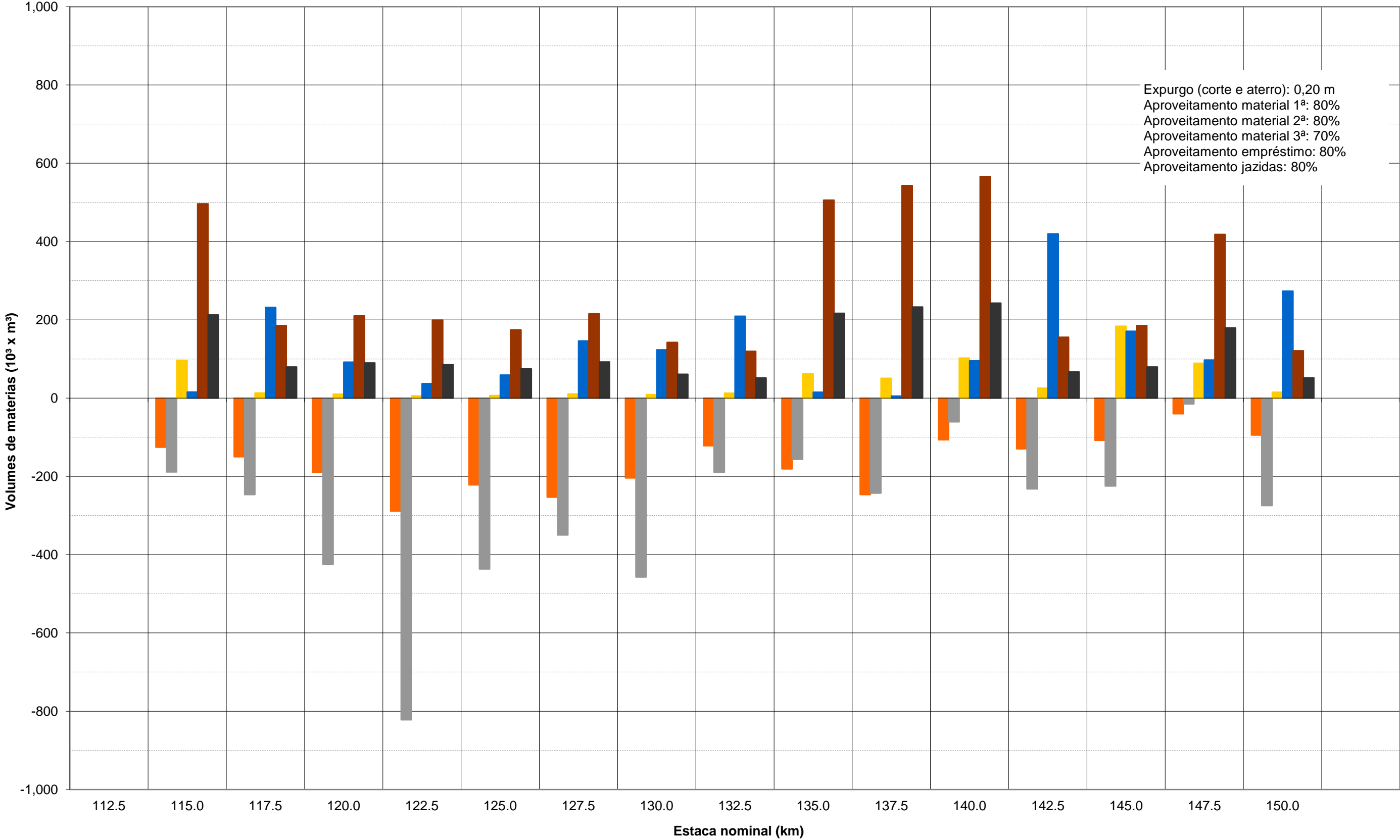
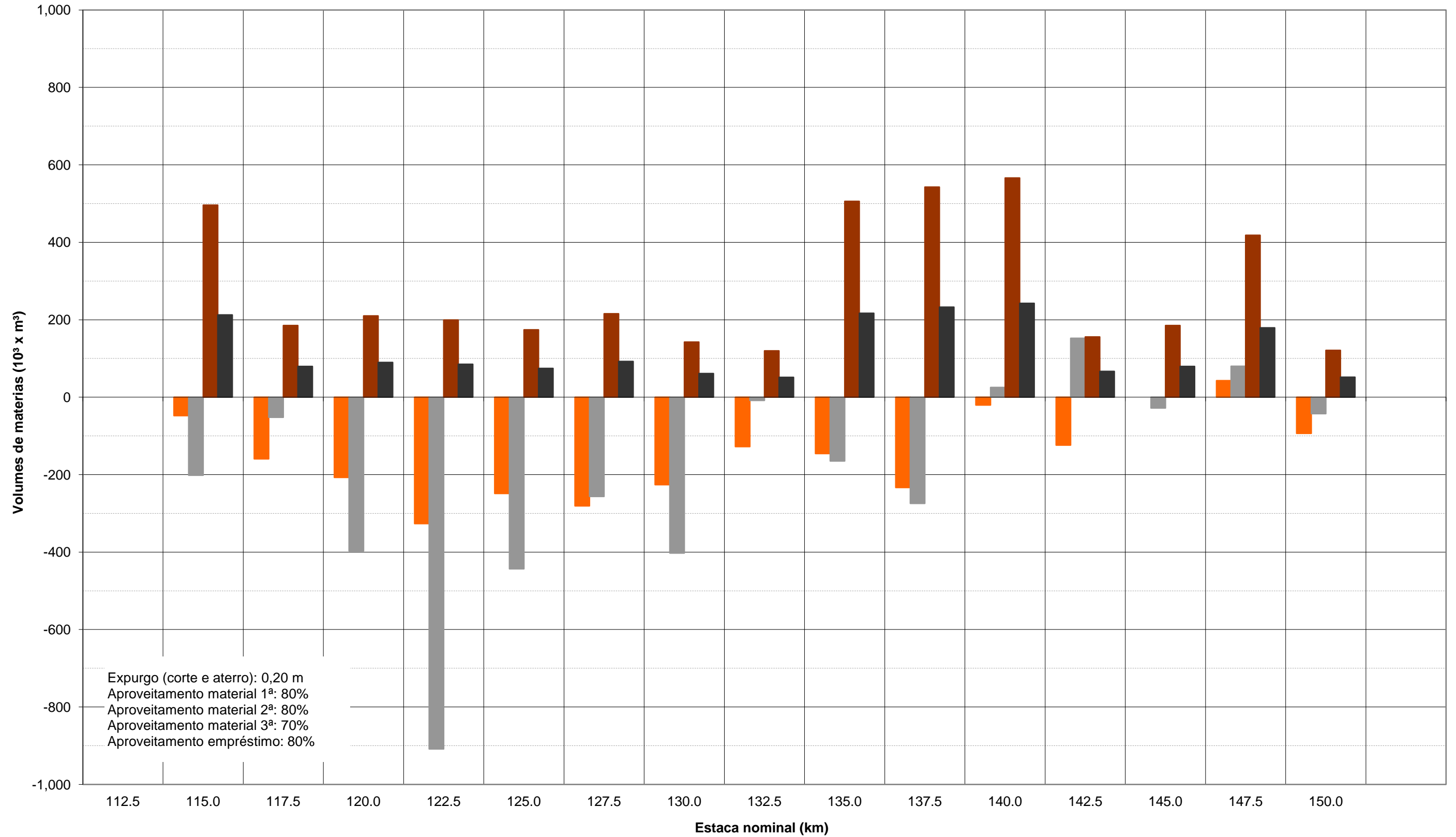
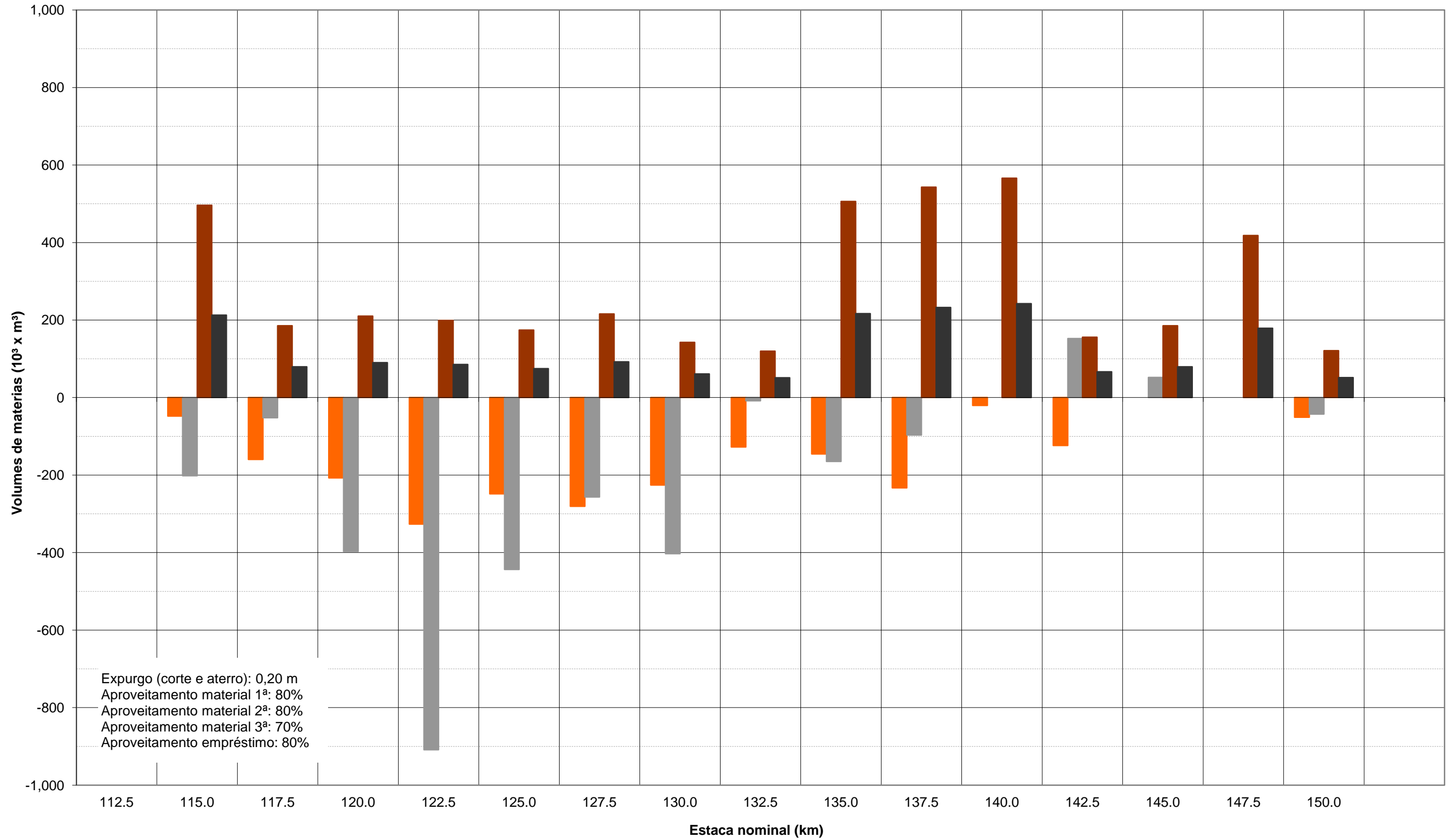


Gráfico 28 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.4 do CAC em Intervalos de 2,5 km



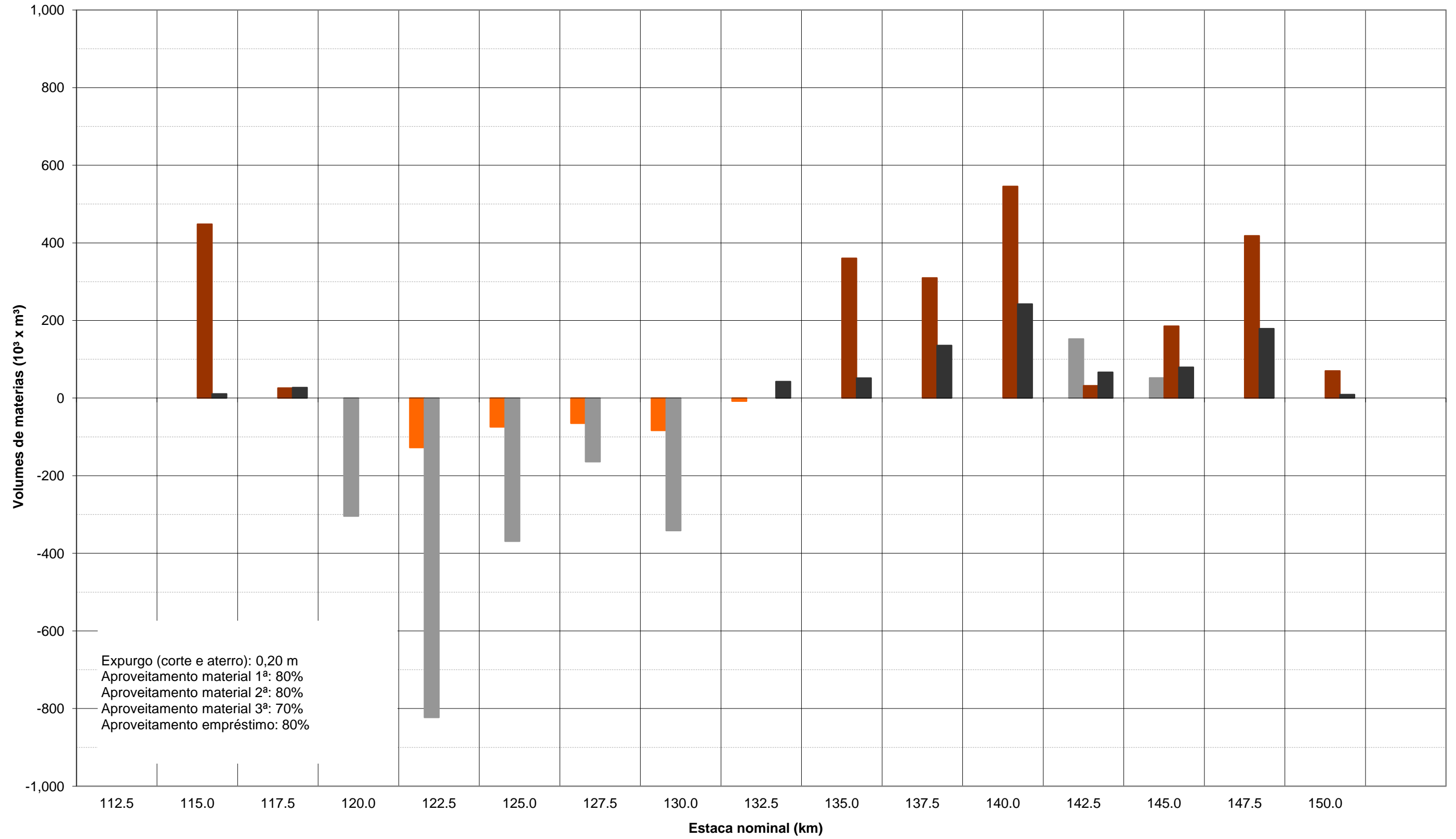
■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra),2ª,3ª aproveit. - Aterro 1ª,2ª,3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 29 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.4 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento de Sobras dos Trechos Vizinhos até DMT = 5,0 km



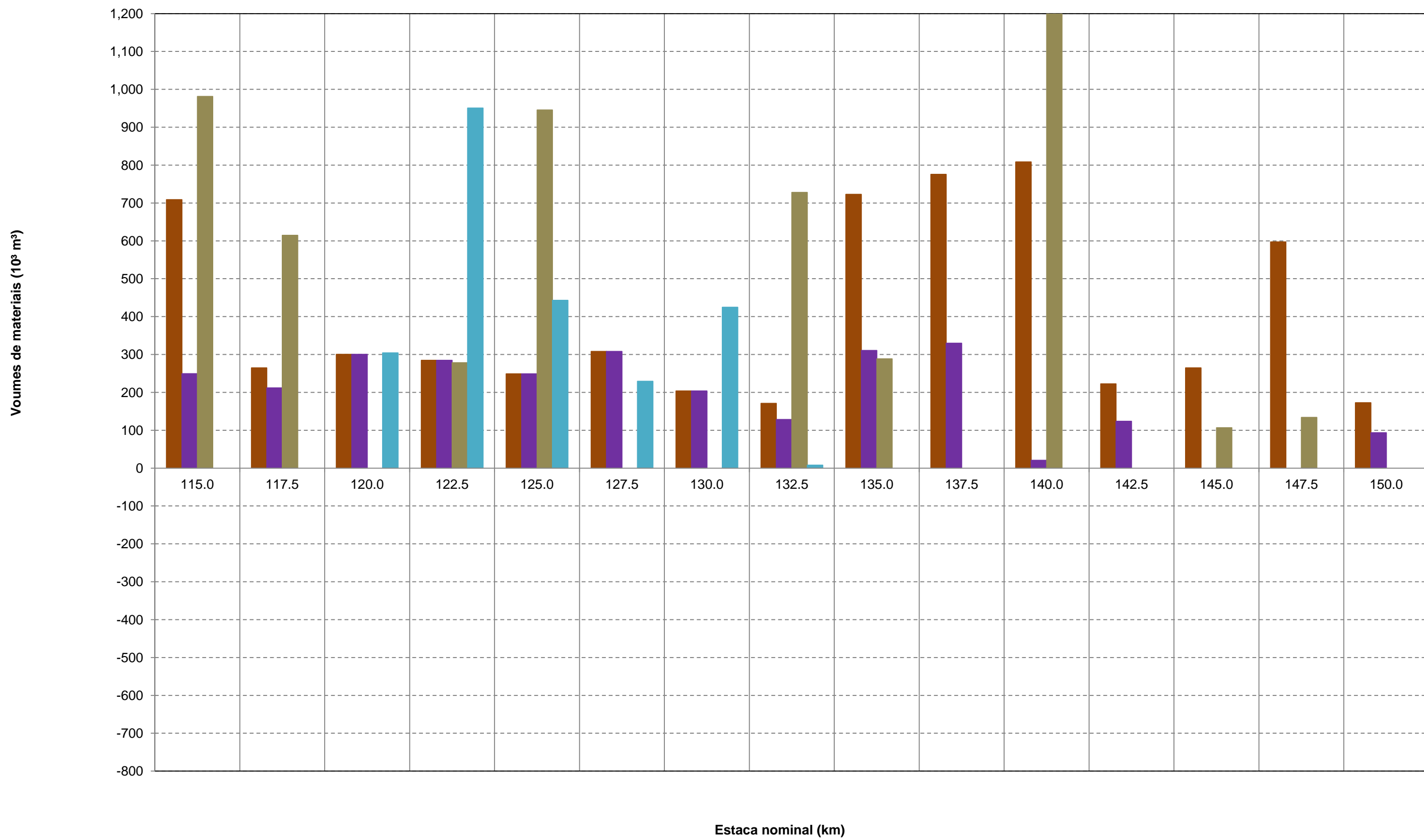
■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra), 2ª, 3ª aproveit. - Aterro 1ª, 2ª, 3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 30 - Balanço de Material de Escavação Obrigatória no Trecho 1.4 do CAC em Intervalos de 2,5 km com Aproveitamento dos Trechos Vizinhos e Empréstimo Lateral



■ Corte 1ª aproveit. - Aterro 1ª
 ■ Corte 1ª(sobra),2ª,3ª aproveit. - Aterro 1ª,2ª,3ª
 ■ Disponib. empréstimo lateral 1ª aproveit.
 ■ Disponib. empréstimo lateral 2ª aproveit.

Gráfico 31 - Utilização de material de empréstimo lateral e de jazidas no Trecho 1.4 do CAC



■ Empréstimo lateral disponível
 ■ Empréstimo lateral utilizado
 ■ Jazida disponível
 ■ Jazida utilizada

Gráfico 32 - Balanço de Material de Bota-Fora no Trecho 1.4 do CAC em Intervalos de 2,5 km

