

LIGA DE ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ELIAS TRINDADE DE BRITO

UTILIZAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO EM OBRAS DE CONTENÇÃO

NATAL/RN

2019

ELIAS TRINDADE DE BRITO

UTILIZAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO EM OBRAS DE CONTENÇÃO

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Professor PhD. Fábio Sérgio da Costa Pereira.

NATAL/RN

2019

Catálogo na Publicação – Biblioteca do UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Brito, Elias Trindade de.

Utilização de blocos de concreto em obras de contenção / Elias
Trindade de Brito. – Natal, 2019.
76f.

Orientador: Profº. PhD. Fábio Sergio da Costa Pereira.
Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário
do Rio Grande do Norte.

1. Engenharia civil – Monografia. 2. Contenções – Monografia. 3.
Bloco de concreto – Monografia. 4. Resíduo de demolição – Monografia.
I. Pereira, Fábio Sergio da Costa. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 624

ELIAS TRINDADE DE BRITO

UTILIZAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO EM OBRAS DE CONTENÇÃO

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN) como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Professor PhD. Fábio Sérgio da Costa Pereira
Professor Orientador – UNI-RN

Professora MSc. Mariana Silva Freitas
Professora Membro Interno – UNI-RN

Professor MSc. Floriano Medeiros
Professor Membro Externo – UFRN

Dedico este trabalho à minha família por se constituírem diferentemente como pessoas, admiráveis em essência, estímulos que me impulsionaram a buscar vida nova a cada dia, meus agradecimentos por terem aceitado se privar de minha companhia pelos estudos, concedendo a mim a oportunidade de me realizar ainda mais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me proporcionado mais essa conquista. Aos meus pais Erivaldo Gomes de Brito e Amélia Trindade de Brito, por acreditar e incentivar minhas escolhas, apoiando-me e esforçando-se junto a mim, para que eu suprisse todas elas. Ao professor Fábio Sergio da Costa Pereira, pela dedicação em suas orientações prestadas na elaboração deste trabalho, incentivando-me e colaborando no desenvolvimento de meu trabalho.

Agradeço também aos professores, Anderson Albino, Mariana Silva Freitas e Werner Farkatt Tabosa, pela colaboração e incentivo que me ofertaram, para a realização desta obra.

RESUMO

A evolução industrial da construção civil é bastante intensa, novas tecnologias são buscadas com o intuito de trazer soluções a problemas existentes, e/ou mitigar processos construtivos. Dentro desse contexto, nasce na Europa o conceito que utilização de blocos de concreto empilháveis, tendo semelhança com os blocos do brinquedo *Lego*, podem ter os mais variados empregos: obras portuária, contenções, muros e outros mais.

No Brasil, sua utilização tem sido notada nas obras realizadas no estado do Rio Grande do Norte, destacando-se a contenção realizada na praia de Areia Preta, região de altíssimo valor econômico de sua capital, Natal e que sofria há vários anos, com o constante perigo de desmoronamento da contenção que ali existia, que devido à falta de manutenção preventiva, encontrava-se em estágio avançado de deterioração, por corrosão de suas armaduras.

Um dos principais problemas dos blocos de concreto para obras de contenção referente ao seu uso, é a inexistência de informações sobre a qualidade, características do concreto utilizado e ensaios, uma vez que são compostos de resíduos de construção, não havendo atualmente norma para sua aplicação na construção civil. Outro fator, é também não haver norma tanto para a fabricação e uso dos blocos como para elaboração do projeto estrutural, fazendo com que tome por base, conceitos de outras estruturas de contenção.

O emprego dos blocos empilháveis, trouxe uma solução imediata, por se tratarem de peças pré-fabricadas, diminuindo seu tempo de execução. Outra vantagem, é o mesmo ser de concreto simples, fator relevante, tendo em vista que estruturas de concreto armado, estão mais suscetíveis a processos de deterioração, a partir da corrosão do aço, através dos fatores de agressividade ambiental existentes na região.

Esse trabalho abordou o uso dos blocos empilháveis em obras de contenção de engenharia, analisando os métodos de cálculo utilizados para sua estabilização determinando suas vantagens e desvantagens quanto a sua utilização.

Por fim, constatou-se que a obra está não conforme por terem sido postos de lado, alguns princípios que mesmo não havendo normatização para o emprego dos blocos, deveriam ter seguidos os parâmetros das literaturas atualmente vigentes, tendo em vista, trazer maior confiabilidade a sua utilização. Assim sendo,

sugere-se que a aplicação dos blocos de concreto empilháveis seja feita em obras da construção civil, apenas com o devido estudo das nuances de cálculos adequadas, trazendo todos os fatores inerentes aos estudos de contenção existentes na atualidade literária sobre o tema além dos estudos em relação aos materiais empregados.

Palavras-chave: Contenções, bloco de concreto e resíduo de demolição.

ABSTRACT

The industrial evolution of civil construction is quite intense, new technologies are sought with the intention of bringing solutions to existing problems, and / or mitigating constructive processes. Within this context, the concept that using stackable concrete blocks, similar to the Lego toy blocks, is born in Europe, can have the most varied jobs: port works, restraints, walls and more.

In Brazil, its use has been noted in the works carried out in the state of Rio Grande do Norte, particularly the containment of Areia Preta beach, a region of extremely high economic value in its capital, Natal, which had been suffering for several years. a constant danger of collapse of the containment that existed there, that due to the lack of preventive maintenance, was in an advanced stage of deterioration, due to corrosion of its armors.

One of the main problems of concrete blocks for containment works regarding their use is the lack of information about the quality, characteristics of the concrete used and tests, since they are composed of construction residues, and there is currently no standard for their application in construction. Another factor is also that there is no standard for both the fabrication and use of the blocks and the design of the structural design, making it based on concepts of other containment structures.

The use of the stackable blocks, brought an immediate solution, because they are prefabricated parts, reducing their execution time. Another advantage is the fact that it is a simple concrete, a relevant factor, considering that reinforced concrete structures are more susceptible to deterioration processes, due to the corrosion of steel, through environmental aggressiveness factors in the region.

This work deals with the use of stacking blocks in engineering containment works, analyzing the calculation methods used for their stabilization, determining their advantages and disadvantages in their use.

Finally, it was verified that the work is not compliant because they have been set aside, some principles that even if there is no regulation for the use of the blocks, should have followed the parameters of the current literature, in order to bring greater reliability to their use. Therefore, it is suggested that the application of the stackable concrete blocks be done in civil construction works, only with due study of the nuances of adequate calculations, bringing all the inherent factors to the studies of

containment existing in the current literary on the subject beyond of the studies in relation to the materials used.

Keywords: Containment, concrete block and demolition waste.

“Aparte-se do mal, e faça o bem; Busque a paz, e siga-a. Porque os olhos do Senhor estão sobre os justos, e os seus ouvidos atentos às suas orações; Mas o rosto do Senhor é contra os que fazem o mal. E qual é aquele que vos fará mal, se fordes seguidores do bem?”

(I Pedro 3: 11-13)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Porto francês Mulhouse-Rhin.	19
Figura 2 – Reconstrução da penitenciária.	20
Figura 3 – Contenção do calçadão da praia de Areia Preta.	20
Figura 4 - Muro atirantado de alvenaria.	26
Figura 5 - Muro de flexão.	27
Figura 6 – Muro de gravidade executado com rocha.	28
Figura 7 - Construção de muro <i>crib wall</i>	29
Figura 8 - Contenção utilizando gabião.	29
Figura 9 - Ábacos de estabilidade de pré-dimensionamento.	31
Figura 10 - Gráficos de correção do fator de segurança.	32
Figura 11 - Representação de solo grampeado.	32
Figura 12 - Cortina atirantada.	33
Figura 13 - Construção de muro com uso do bloco.	37
Figura 14 – Muro de contenção.	38
Figura 15 – Dimensões dos pré-moldados I.	39
Figura 16 – Dimensões dos pré-moldados II.	39
Figura 17 - Dimensões dos pré-moldados III.	39
Figura 18 – Galpões construídos com blocos.	40
Figura 19 – Galpões construídos com blocos. Vista lateral.	40
Figura 20 – Processo de finalização do muro de divisa.	41
Figura 21 – Compactação do solo e colocação dos blocos.	41
Figura 22 - Processo de finalização da barreira de contenção.	42
Figura 23 – Colapso da área de laser.	42
Figura 24 - Vista aérea - blocos inseridos, sem o avanço das ondas.	43
Figura 25 - Vista aérea - blocos inseridos, com o avanço das ondas.	43
Figura 26 - Vista frontal - onda se choca com a contenção.	44
Figura 27 - Deposição indevida de RCC/ RCD em via pública.	46
Figura 28 – Equipamento de moagem e separação dos resíduos de construção.	47
Figura 29 - Deterioração e erosão da cortina de contenção antiga.	51
Figura 30 - Vista frontal da contenção antiga.	51
Figura 31 - Colocação dos blocos na praia de Areia Preta.	53
Figura 32 - Relação entre o $NSPT$, e o φ do solo sem coesão (Meyerhof, 1956).	54

Figura 33 - Tabela dos estados de compacidade e de consistência.	55
Figura 34 – Definição dos parâmetros médios dos solos.	56
Figura 35 – Perfil com menores dimensões, tendo altura inicial de 4 m.	58
Figura 36 – Perfil com maiores dimensões.....	60
Figura 37 – Fissuras entre o preenchimento e a contenção nova e antiga.	63
Figura 38 – Placa da obra.	65
Figura 39 – Desalinhamento da nova contenção.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Valores de coeficiente de ancoragem (K_f).....	35
Quadro 2 - Classe de agressividade ambiental e fator água/cimento.....	49
Quadro 3 – Tipologia dos blocos empregados.	53
Quadro 4 - Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.	57
Quadro 5 - Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.	57
Quadro 6 - Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.	58
Quadro 7 - Memória de cálculo dos esforços nos perfis maior e menor da contenção. .	62
Quadro 8 - Memória de cálculo dos esforços na contenção fornecidos pela empresa. ...	62

LISTA DE EQUAÇÕES

(Equação 1)	30
(Equação 2)	31
(Equação 3)	31
(Equação 4)	33
(Equação 5)	34
(Equação 6)	34
(Equação 7)	34
(Equação 8)	35
(Equação 9)	35
(Equação 10)	35
(Equação 11)	35
(Equação 12)	54
(Equação 13)	54
(Equação 14)	55
(Equação 15)	55
(Equação 16)	55
(Equação 17)	55
(Equação 18)	55
(Equação 19)	56
(Equação 20)	57
(Equação 21)	57
(Equação 22)	59
(Equação 23)	59
(Equação 24)	59
(Equação 25)	59
(Equação 26)	59
(Equação 27)	59
(Equação 28)	59
(Equação 29)	59
(Equação 30)	59
(Equação 31)	59
(Equação 32)	59

(Equação 33)	60
(Equação 34)	60
(Equação 35)	60
(Equação 36)	60
(Equação 37)	61
(Equação 38)	61
(Equação 39)	61
(Equação 40)	61
(Equação 41)	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
AMAP	Associação de Moradores da Areia Preta
A/C	Fator Água/Cimento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EUA	Estados Unidos da América
FCK	Resistência Característica do Concreto
FCJ	Resistência de Dosagem do Concreto
GCI	Gestão Costeira Integrada
MPA	Megapascal
NBR	Norma Brasileira
NM	Nível do Mar
PA	Pará
PIB	Produto Interno Bruto
PNGC	Plano Nacional de Gestão Costeira
RCC	Resíduo da Construção Civil
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
RJ	Rio de Janeiro
RN	Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS.....	21
2.1 GERAL	21
2.2 ESPECÍFICOS	21
3 JUSTIFICATIVA.....	22
4 METODOLOGIA	23
5 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	24
6 CONTENÇÕES	25
6.1 PRINCIPAIS TIPOS DE CONTENÇÕES	26
6.1.1 Muro atirantado	26
6.1.2 Muro de flexão	27
6.1.3 Muro de gravidade	27
6.1.3.1 <i>Crib Wall</i>	28
6.1.3.2 Gabião.....	29
6.1.4 Solo grampeado	30
6.1.5 Cortina atirantada.....	32
7 BLOCO DE CONCRETO MACIÇO EMPILHÁVEL	37
7.1 APLICAÇÕES NA EUROPA	40
7.2 APLICAÇÕES NO RIO GRANDE DO NORTE.....	41
7.3 MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS	44
7.3.1 Cimento	45
7.3.2 Agregados.....	45
7.3.3 Concreto.....	48
8 ESTUDO DE CASO	50
8.1 O PROBLEMA EXISTENTE.....	50
8.2 SOLUÇÃO ADOTADA.....	52
8.3 CÁLCULOS UTILIZADOS	54
8.4 APLICAÇÃO DOS CÁLCULOS.....	58
9 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
10 CONCLUSÕES	68
10.1 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS	68
REFERÊNCIAS.....	69

ANEXO I - PROJETOS EXECUTIVOS.....70

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil busca, através dos anos, por novas tecnologias a fim de trazer menores custos e maior versatilidade às obras que lhes são propostas, sem que a qualidade seja posta de lado. Isso vai desde um novo material até métodos construtivos diferenciados e inovadores, que visam também mitigar as agressões ao meio ambiente provocados pela indústria da construção civil, uma vez que a mesma tem grande influência na degradação do meio ambiente, seja pela extração da matéria-prima, aplicada nas construções, ou ainda, pelo descarte das sobras dos materiais que não foram usados na construção, resíduos das demolições, entre outros.

Quando se consegue atrelar estes benefícios da engenharia civil, tangenciando-a com as novidades técnicas somadas a demanda de sustentabilidade, o resultado final tende a ser favorável aos envolvidos no processo.

Baseando-se nas afirmativas citadas, uma técnica construtiva que tem sido aplicada e é bastante difundida nos países europeus é a dos blocos de concreto empilháveis, confeccionados a partir das sobras de concretos e resíduos de demolições (RCC/ RCD), sendo os blocos maciços de concreto simples, que podem ser empregados em algumas obras de engenharia civil, tais como: muro de contenção, muro de divisa entre lotes, paredes de galpões, entre outros.

Estes blocos trazem rapidez construtiva e modularidade, já que podem ser montados e desmontados sem grande dificuldade ou mão-de-obra especializada. O armazém portuário francês, (Figura 1) ampliado com um ponto de transferência de 18.000 m², sendo um dos inúmeros exemplos do uso dos blocos empilháveis.

Figura 1 – Porto francês Mulhouse-Rhin.



Fonte: Legioblock (2018).

No Brasil, especificamente no estado do Rio Grande do Norte, os blocos são confeccionados utilizando os RCC/RCD, oriundos de usinas de reciclagem, e têm sido empregados nas mais distintas obras de engenharia, destacam-se: a reconstrução da Penitenciária Estadual Rogério Coutinho Madruga (Figura 2), situada na cidade de Nísia Floresta/RN e a recuperação da cortina de contenção na praia de Miami Beach em Areia Preta (Figura 3), situada na cidade de Natal, capital do RN.

Figura 2 – Reconstrução da penitenciária.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

Deve-se destacar que, atualmente no Brasil não há norma para a utilização de resíduos de construção, sendo assim, as execuções não conformes perante as normas vigentes.

Figura 3 – Contenção do calçadão da praia de Areia Preta.



Fonte: Ramos (2018).

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Coletar informações no âmbito nacional e internacional das aplicações dos blocos de concreto empilháveis, os materiais que os compõe, vantagens e desvantagens de sua utilização.

2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho são: buscar detalhamento teórico e técnico sobre a utilização dos blocos empilháveis na construção de muro de contenção realizada na praia de Miami Beach em Areia Preta/ RN, com o intuito de determinar se sua utilização é satisfatória do ponto de vista normativo nacional, estrutural e executivo.

Verificar o dimensionamento do projeto estrutural da estrutura de contenção em estudo, com base nos dados fornecidos pelo calculista, com a finalidade de verificar sua conformidade ou não.

Propor soluções de melhoramento para o que já foi realizado na cortina e também os possíveis estudos que poderão ser abordados a partir de então.

3 JUSTIFICATIVA

Diante do recente uso de blocos empilháveis de concreto em obras de engenharia civil, internacionais e nacionais, em especial no Rio Grande do Norte, surgiu à indagação sobre a forma como eles têm sido empregados, e quais os métodos necessários para que sua utilização seja satisfatória, ou seja, os materiais empregados na sua fabricação – no Rio Grande do Norte, os blocos são confeccionados com RCC e/ou RCD –, as normas que trazem a conformidade de uso deste modal, os cálculos, entre outros aspectos, se comparada a outras técnicas construtivas existentes atualmente no mercado da construção civil.

Tendo em vista o que foi exposto anteriormente, buscar-se-á saber se a obra de contenção na orla da praia de Areia Preta, localizada em Natal/ RN, é ou não satisfatória do ponto de vista da engenharia civil, no que tange os materiais utilizados na confecção dos blocos de concreto, se estão enquadrados nas normas regulamentadoras brasileiras, quanto a sua execução e cálculos estruturais, pois trata-se de uma modalidade construtiva pouco usual.

Destaca-se que, devido os constantes colapsos estruturais de cortinas de contenção principalmente em obras localizadas na orla marítima da cidade do Natal/RN, fatos estes decorrentes da falta de manutenção, erros de dimensionamento estrutural, erros executivos e falta de fiscalização, percebeu-se a necessidade de serem realizadas obras emergenciais para solucionar tais patologias em um curto espaço de tempo e com custo inferior aos demais tipos de soluções, segundo os fabricantes da tecnologia, tendo a necessidade da avaliação do sistema construtivo tanto estruturalmente como executivamente, visando dar uma resposta a cadeia da construção civil de Natal/RN.

4 METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada a revisão bibliográfica concernente ao tema abordado, a fim de haver o embasamento teórico mais aprofundado, necessário para a explanação adequada do mesmo.

Buscou-se por dados técnicos junto às empresas que estão difundindo essa metodologia construtiva no mercado internacional e nacional, dados esses de cunho específico sobre a confecção dos blocos, suas dimensões usuais e sua aplicação em obra de engenharia no mercado da indústria da construção civil, especificamente no estado do RN.

Procurou-se, junto às empresas responsáveis pela execução e projeto estrutural, os projetos preliminares, executivos e memoriais de cálculo da contenção erguida na praia de Areia Preta em Natal/RN, como também a análise dos materiais utilizados na confecção dos blocos de concreto, através de ensaios laboratoriais feitos por elas próprias, a fim de endossarem a pesquisa.

Verificar o dimensionamento do projeto estrutural da estrutura de contenção em estudo, com base nos dados fornecidos pelo calculista, com a finalidade de verificar sua conformidade ou não.

Propor soluções de melhoramento para o que já foi realizado na cortina e também os possíveis estudos que poderão ser abordados a partir de então.

5 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

O documento está disposto em dez capítulos.

No primeiro capítulo, apresentar-se-á uma breve contextualização sobre o assunto.

No segundo, são apresentados os objetivos gerais e específicos do trabalho.

O terceiro destina-se a apresentação da justificativa e dos motivos pelos quais o tema fora escolhido, partindo de uma problemática, no intuito de buscar uma possível solução.

No quarto, é apresentada a metodologia que descreve, de forma breve, o método utilizado para realização do trabalho.

O quinto capítulo, traz a descrição de todos os capítulos dispostos no trabalho.

No sexto, é apresentada a revisão bibliográfica concernente as principais contenções existentes em obras da construção civil.

No sétimo, faz-se uma revisão da literatura relacionada aos blocos de concreto empilháveis, aplicados nacional e internacionalmente, como também, dos materiais utilizados na confecção dos blocos.

No oitavo, aborda-se o estudo de caso a ser realizado na contenção feita na praia de Areia Preta, Natal/RN. Neste estudo será analisada a metodologia executiva, os cálculos aplicados, o critério de escolha para o uso desses blocos como contenção e os ensaios realizados nos materiais empregados na sua composição.

No nono capítulo, são apresentados os resultados e as discussões referentes ao tema, com isso será verificado se o que fora feito atende ou não ao objetivo para o qual foi aplicado.

E por fim, o décimo primeiro capítulo, traz as conclusões de tudo que foi abordado neste trabalho, com sugestões de possíveis temas para pesquisa futuras.

6 CONTENÇÕES

Algumas obras de engenharia civil que têm grandes dimensões, como pontes, viadutos, túneis, entre outros, que poderão em algum momento, fazer uso de estruturas de contenções com o intuito de estabilizar a região onde serão firmadas.

Segundo Hachich (1998), os registros mais antigos de obras de contenção apontam para muros de alvenaria de argila contendo aterros na região sul mesopotâmica construídos entre 3200 e 2800 a.C.

Essa tipologia construtiva modernizou-se, em meados do século 18, resultado de inúmeros experimentos realizados por parte dos franceses, em especial Coulomb no ano de 1776. Essa evolução é o resultado do expansionismo colonizador europeu do século 16, que tinha como objetivo militar, à construção de estruturas fortificadas de defesa nos mais distintos lugares, havendo assim, grande variabilidade do comportamento dos solos em cada região (KINDER e HILGERMANN, 1964).

Estruturas de contenção são obras civis construídas com a funcionalidade de promover estabilidade de maciços de terra contra a ruptura (ANDRADE et al., 2013). Desde a antiguidade, construíam-se estruturas de arrimo para proteger obras implantadas em encostas (CARVALHO, 1991).

Estruturas de contenção são elementos essenciais para os projetos de engenharia, uma vez que permite a construção das mais diversas obras com estabilidade e segurança através de parâmetros que irão sustentar a grande massa de solo e suas tensões sem que haja, escorregamentos e/ou deslizamentos. Tendo como funcionalidade básica de suportar o empuxo oriundo do solo existente e com isso, seguridade ao talude ou corte realizado no terreno, propiciando o uso do espaço que se deseja empreender (EHRlich E BECKER, 2009).

As estruturas de contenção têm em si a mesma objetividade, que é a de suplantar resistência ao deslocamento e ruptura do substrato que deverá ser contido, seja através de ação passiva ou ativa. Sendo as principais diferentes entre elas, com relação à maneira como serão apoiadas e/ou ancoradas e com isso, proporcionar a estabilidade adequada (TÉCHNE17, 2004).

6.1 PRINCIPAIS TIPOS DE CONTENÇÕES

Os muros de arrimo podem ser de várias tipologias: gravidade – constituídos de concreto ciclópico, concreto armado, alvenaria, pneus ou sacos de solo-cimento - , de flexão com ou sem presença de tirantes ou contrafortes (GERSCOVICH, 2008).

Para que qualquer contenção possa ser executada, alguns critérios devem ser estudados e estabelecidos, trazendo assim, estabilidade e segurança para a estrutura, como também aos que farão uso da mesma. Podemos destacar os principais como sendo:

1. O tipo de contenção adotada: para cada local e necessidade, terão uma ou mais, que podem ser usadas;
2. O processo executivo: a compactação do solo arrimado quando feita de maneira inadequada, faz aumentar o empuxo contra a estrutura, e com isso, causar danos a mesma;
3. Influência da água: a drenagem deve ser adequada, já que o acúmulo de água no solo, contribui com o aumento do empuxo ativo, evitando a possibilidade de colapso do arrimo.

6.1.1 Muro atirantado

Podem ser construídos a partir da utilização de blocos de concreto (Figura 4), cerâmicos ou até ambos, acrescidos de concreto armado. Sendo feita a inserção de barras aço não paralelas ao muro, no maciço de solo, com ângulo de inclinação especificado em projeto. Tendo altura ideal até 3 m (RANZINI e NEGRO, 1998).

Figura 4 - Muro atirantado de alvenaria.

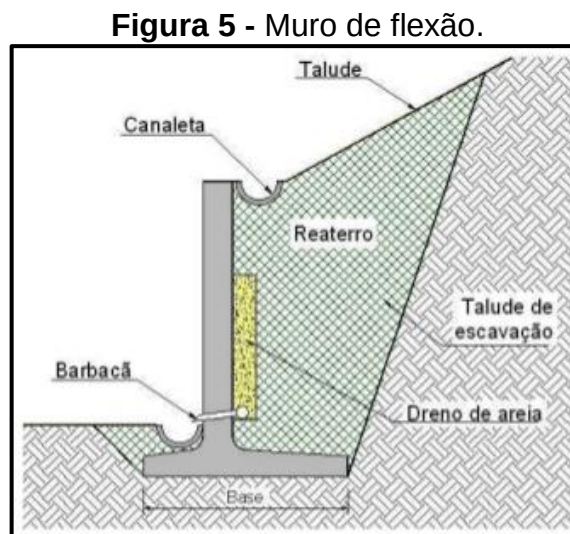


Fonte: VIZIA ENGENHARIA (2018).

Tem processo relativamente simples, não ocupam muito espaço e em alguns casos são a única metodologia de aplicação. Sendo que ao projetarem esse tipo de contenção, as fundações devem ser verificadas, pois o procedimento de instalação pode afetar as edificações ali existentes.

6.1.2 Muro de flexão

Sua seção tem formato em “L” (Figura 5), são também mais esbeltos se comparado com os anteriores, sendo compostos basicamente de duas lajes, sendo uma vertical e outra horizontal. Onde a laje vertical é considerada engastada em sua base, com extremidade superior em balanço. A horizontal, por sua vez, fica apoiada no terreno, e possui a finalidade estrutural de equilíbrio do empuxo, e servindo como sapata (DOMINGUES, 1997).



Fonte: SLIDESHARECDN (2019).

6.1.3 Muro de gravidade

Os muros de gravidade são estruturas de contenção que promovem a estabilidade de um maciço de terra graças à ação de seu próprio peso (Figura 6). Assim, a principal característica do muro de gravidade é o seu alto peso específico que, por um lado garante o atrito entre a sua base e o terreno de fundação, e por outro lado, induz um momento estabilizador de valor superior ao induzido pelos impulsos horizontais das terras (CHUVA, 2011).

São também estruturas maciças, com massa elevada que faz oposição

direta ao empuxo existente no solo que está se desejando conter. Podendo ter sua aplicação em estruturas de até 5 m (RANZINI; NEGRO, 1998).

Figura 6 – Muro de gravidade executado com rocha.



Fonte: Dicas de construção (2018).

A execução dessa técnica deve atender aos critérios básicos para tornar-se satisfatória, obedecendo sempre aos limites que lhe é pertinente. Havendo espaço suficiente para sua construção, sua seção transversal deverá ter cerca de 40% da sua altura estimada, dispensam o uso de escoramentos, podendo chegar a até 6 m de altura.

6.1.3.1 *Crib Wall*

Também conhecidas como parede de engradados, são estruturas de concreto armado pré-fabricadas, dispostas de maneira a empilhar-se e encaixassem umas às outras (Figura 7), conhecida comumente no Brasil de “muro fogueiras”, devido à sua estrutura assemelhar-se as fogueiras das festividades juninas. Podem ser confeccionadas com perfis de aço ou madeira (RANZINI; NEGRO, 1998).

As estruturas podem ser aplicadas em taludes cortados, aterrados, encostas íngremes e pouco estáveis. É uma estrutura modular, ou seja, pode ser montada e desmontada, a depender da situação, e alcançar alturas superiores aos 15 metros. Com o seu preenchimento podendo ser feito com solo, entulho, rocha ou seixos, devidamente compactados, a fim de aumentarem sua capacidade de resistências os esforços solicitantes (INFRAESTRUTURA URBANA, 2011).

Figura 7 - Construção de muro *crib wall*.



Fonte: PINTEREST (2018).

6.1.3.2 Gabião

Os gabhões (Figura 8) estão envoltos no conceito de muros de gravidade, que se traduz em exercer contenção ao solo, através de seu peso próprio, sendo constituídos por gaiolas de tela metálica galvanizada e rochas, que nesse caso não podem ter diâmetros inferiores aos orifícios da tela (RANZINI; NEGRO 1998).

Figura 8 - Contenção utilizando gabião.



Fonte: WIKIMEDIA (2018).

São arrimos classificados como uma estrutura de contenção à gravidade e flexível, sendo constituídos por gaiolas metálicas formadas por fios de aço galvanizado (para que resistam às intempéries sem oxidar, podendo também, ser utilizada uma camada de PVC para maior resistência à corrosão) de malhas

hexagonais com dupla torção. Estas gaiolas são preenchidas pelas pedras e organizadas manualmente ou com equipamentos mecânicos comuns (PEREIRA, 2019).

6.1.4 Solo grampeado

O terno para a técnica vem o inglês *soil nailing*. Seu aprimoramento deu-se entre os anos de 1985 - 1989, durante o *Project National Clouterre* na França. Atua de forma passiva, isto é, seu trabalho ocorre somente quando terreno contido se movimento. Além disso, tem um custo menor se comparado às cortinas atirantadas.

Sua execução (Figura 11) dever-se-á feita em solos firmes, iniciada através de corte parcial e perfuração com diâmetro de 10 cm para inserção da barra de aço no centro do orifício criado. Sendo a distância entre as barras de 80 cm a 1,40 m. Após isso, a nata de cimento preenche toda a perfuração e conseqüentemente, fixa o chumbador. Essa uma característica que o difere das cortinas atirantadas, que recebem a nata de cimento apenas no trecho final. Por fim, a superfície é recoberta com uma tela metálica e revestida com concreto projetado com espessura final da parede variando entre 5 e 6 cm (TÉCHNE17, 2004).

Os cálculos adotados para esse tipo de arrimos, podem vir dos teoremas Método Francês Clouterre; Fellenius (Ordinary); Método de Bishop Simplificado.

O método francês de pré-dimensionamento, apresentado pelo Projeto Clouterre (1991), lança mão de ábacos de estabilidade para calcular o valor do fator de segurança para a superfície de ruptura global. Ele relaciona a densidade de grampeamento (d), tangente do ângulo de atrito interno ($\tan \phi$) e a relação de estabilidade N .

O método exige que o perfil tenha solo em camada única em toda a sua profundidade, não apresente nível d'água, tenha uma altura máxima de 5 m, não haja sobrecarga nem grampos protendidos e nem haja estruturas ao redor que poderiam afetar o muro (CLOUTERRE, 1991).

Para cálculo da densidade de grampeamento utiliza-se a equação abaixo, sendo $0,1 \leq d \leq 1,0$.

$$d = \frac{t}{\gamma \cdot Sv \cdot Sh} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- t : resistência de aderência unitária (kN/m);
- γ : peso específico do solo (kN/m³);
- S_v : espaçamento vertical dos grampos (m);
- S_h : espaçamento horizontal dos grampos (m).

A relação N de estabilidade é dada pela Equação 2.

$$N = \frac{c}{\gamma \cdot H} \quad (\text{Equação 2})$$

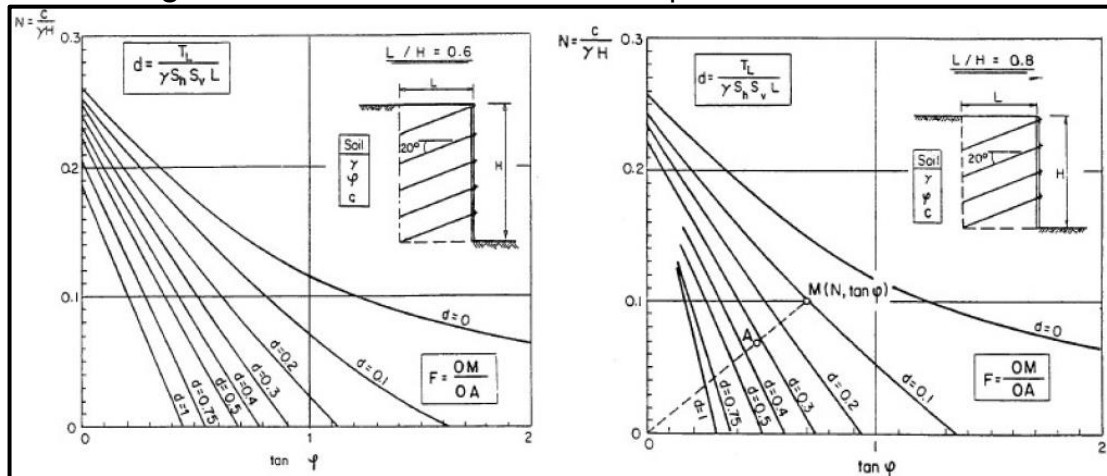
Onde:

- c : coesão do solo (kPa);
- H : altura do paramento (m).

Para cada valor da relação L/H (comprimento do grampo/ altura do paramento) tem-se um diferente ábaco, sendo os valores de L/H : 0,6, 0,8, 1,0 e 1,2.

Ressalta-se que esses ábacos consideram o comprimento do grampo constante em todas as fileiras e de inclinação 20°. A (Figura 9) apresenta um exemplo de ábacos de estabilidade.

Figura 9 - Ábacos de estabilidade de pré-dimensionamento.



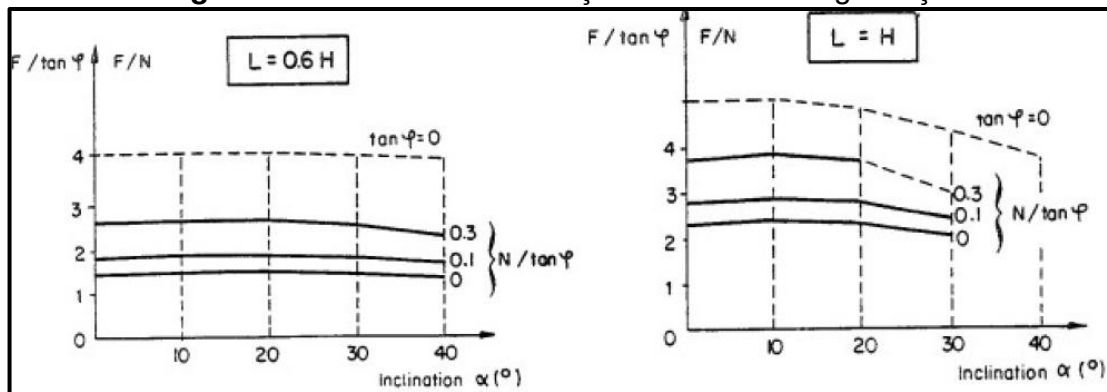
Fonte: CLOUTERRE, 1991 (2019).

O ponto $(\tan \phi, N)$ será chamado de M e em seguida será traçado o segmento OM , sendo “ O ” a origem $(0, 0)$. O ponto de interseção entre este segmento a curva paramétrica de “ d ” será 28 indicado como ponto A . O valor da relação entre o comprimento dos segmentos OM / OA será o valor do fator de segurança global da estrutura.

$$FS = \frac{\overline{MO}}{\overline{OA}} \quad (\text{Equação 3})$$

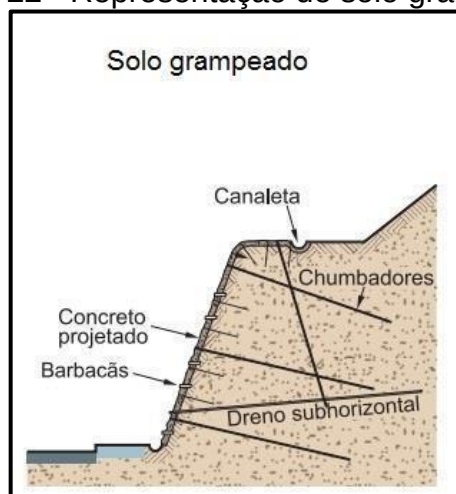
Embora os ábacos da (Figura 9) são para inclinações do grampo de 20° , outras inclinações podem ser adotadas, desde que seja realizada a devida correção através dos gráficos a seguir (Figura 10).

Figura 10 - Gráficos de correção do fator de segurança.



Fonte: CLOUTERRE, 1991 (2019).

Figura 11 - Representação de solo grampeado.



Fonte: RESEARCHGATE (Paula, 2017). Adaptado pelo autor.

6.1.5 Cortina atirantada

As cortinas de contenção (Figura 12) tem menor deformação, uma vez que são fundamentadas em outras que apresentam maior rigidez que ela própria.

O material contido com essa modal tem sua influência de solicitação aumentada, já que o mesmo se comporta de maneira elastoplástica (RANZINI; NEGRO, 1998).

Sua execução é pautada no lançamento de sua estrutura em um substrato de rigidez mais elevado que o seu, propriamente dito. São compostas por tirantes¹ inseridos no substrato sedimentar, aplicando um esforço axial de proteção na extremidade oposta, em uma cortina de concreto armado, dimensionado para resistir aos esforços gerados pela reação do solo ao esforço de confinamento exercido pelo conjunto cortina/tirantes (TEIXEIRA, 2011).

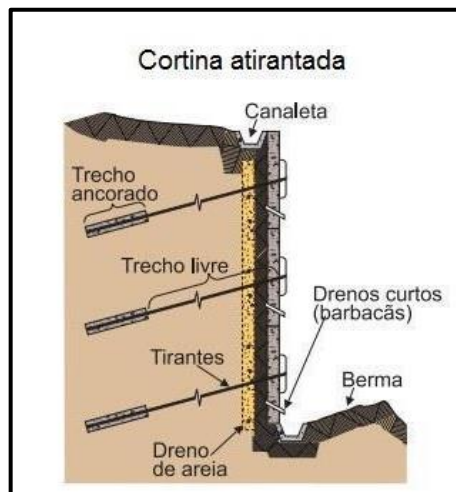
Para se dimensionar esse tipo de arrimo, o método Costa Nunes é descrito por Ferreira (1986), de forma que, dada uma seção genérica do talude, a superfície de deslizamento é tida por simplificação como plana e, determinada segundo o método de Culmann Equação 4.

$$\phi_{cr} = \frac{i + \varphi}{2} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

- ϕ_{cr} : ângulo formado pela horizontal com plano crítico de deslizamento;
- φ : ângulo de atrito interno do material constituinte do maciço;
- i : inclinação do talude com a horizontal.

Figura 12 - Cortina atirantada.



Fonte: RESEARCHGATE (Paula, 2017). Adaptado pelo autor.

Em superfície crítica, a expressão que define o fator de segurança mínimo é dada na Equação 5.

¹ Tirantes são elementos lineares capazes de transmitir esforços de tração entre suas extremidades. Nas aplicações geotécnicas de tirantes, a extremidade que fica fora do terreno é a cabeça de ancoragem e a extremidade que fica enterrada é conhecida por trecho ancorado e designada por comprimento ou bulbo de ancoragem. O trecho que liga a cabeça ao bulbo é conhecido por trecho livre ou comprimento livre (TÉCHNE17, 2007).

$$FS_{min} = \frac{C \cdot l \cdot \cos\varphi}{P \cdot \sin(\phi_{cr} - \varphi)} \quad (\text{Equação 5})$$

Sendo:

- FS_{min} : fator de segurança mínimo;
- C : coesão do material constituinte do maciço;
- l : comprimento da linha de maior aclave do plano crítico de deslizamento;
- P : somatório de forças atuantes na cunha de deslizamento crítico (Peso próprio + sobrecarga).

Segundo a NBR 5629/1996, é recomendado que o centro de ancoragem no solo deve ser colocado sobre ou além da superfície de deslizamento, determinada por um processo consagrado em mecânica dos solos, que ofereça o fator de segurança (FS) pelo menos igual a 1,50, sem levar em conta as forças de protensão por elas introduzidas no maciço.

É possível obter uma superfície de deslizamento que promova um fator de segurança superior (adicional) ao FS_{min} , reduzindo sua inclinação em relação a horizontal, obtido pela Equação 6.

$$FS_{sp} = \frac{\frac{2 \cdot C}{\gamma \cdot H} \cdot \sin(i) \cdot \cos\varphi}{\sin(i - \phi') \cdot \sin(\phi' - \varphi)} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

- ϕ' : ângulo formado pela horizontal com o plano de ancoragem;
- γ : peso específico aparente do material constituinte do maciço.

Com a aplicação da Equação 7, determina-se a força de ancoragem, necessária para promover o aumento das forças resistivas, como também o dimensionamento da quantidade, espaçamento dos tirantes e o comprimento do bulbo de ancoragem.

$$F_{anc} = \frac{\lambda - 1}{\lambda} \cdot P \cdot \frac{\sin(\phi_{cr} - \varphi)}{\cos(\beta - \varphi)} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

- λ : é a relação entre os fatores de segurança FS_{sp} e FS_{min} ;
- β : ângulo formado pelos tirantes com o plano crítico de deslizamento.

Os esforços solicitantes nos tirantes devem ser calculados de acordo com métodos da mecânica dos solos, levando em consideração a deslocabilidade da estrutura de contenção, o número de níveis de tirantes e a sequência executiva.

Os materiais que constituem os tirantes, devem obedecer às NBR 7480/2007, 7482/2008 e 7483/2008.

A seção dos tirantes deve ser calculada a partir do esforço máximo a que eles estão submetidos, com base nas tensões admissíveis, sejam elas permanentes ou não Equações 8 e 9, respectivamente. Seções inferiores a 50mm², não são permitidas.

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,75} \cdot 0,9 \quad (\text{Equação 8})$$

$$\sigma_{adm} = \frac{f_{yk}}{1,50} \cdot 0,9 \quad (\text{Equação 9})$$

Onde:

- σ_{adm} : tensão admissível;
- f_{yk} : resistência característica do aço à tração.

O bulbo de ancoragem é determinado pelo comprimento e seção transversal da ancoragem deve ser feita experimentalmente por meio dos ensaios básicos e de qualificação, sendo indicada para estimativas preliminares, as Equações 10 e 11, que apresentam a resistência à tração para solos arenosos e argilosos, respectivamente.

$$T = \sigma'_z \cdot U \cdot L_b \cdot K_f \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

- σ'_z : tensão efetiva no ponto médio de ancoragem;
- U : perímetro médio da seção transversal de ancoragem;
- K_f : coeficiente de ancoragem encontrado na Tabela 1.

$$T = \alpha \cdot U \cdot L_b \cdot S_u \quad (\text{Equação 11})$$

Onde:

- α : Coeficiente redutor da resistência ao cisalhamento;
- S_u : Resistência ao cisalhamento não drenado do solo argiloso.

Quadro 1 - Valores de coeficiente de ancoragem (K_f).

Solo	Compacidade		
	Fofa	Compacta	Muito compacta
Silte	0,1	0,4	1,0
Areia fina	0,2	0,6	1,5

Areia média	0,5	1,2	2,0
Areia grossa e pedregulho	1,0	2,0	3,0

Fonte: ABNT NBR 5629/1996. Adaptado pelo autor.

Para $S_u \leq 40kPa \therefore \alpha = 0,75$, e para $S_u \geq 100kPa \therefore \alpha = 0,35$, devendo esses dois valores, serem interpolar linearmente.

Para a ancoragem em rocha e argamassa: $T < \frac{1}{30}$ da resistência à compressão simples da rocha e $T < \frac{1}{30}$ da resistência à compressão simples da argamassa, respectivamente.

Não sendo esse método aplicável em solos orgânicos moles; aterros (incluindo os sanitários) ou solos coesivos ($N \leq 4$ do ensaio de SPT).

7 BLOCO DE CONCRETO MACIÇO EMPILHÁVEL

A indústria da construção civil é pautada por inovações, ano após ano veem-se novos conceitos construtivos que buscam a sua aceitação massiva e, com isso, a consolidação no mercado, seja internacional ou nacional.

A utilização dos blocos de concreto reciclado maciço tem tido uma abordagem diferenciada em obras de engenharia civil, devido a sua gama de aplicações (Figuras 13 e 14) que podem ser feitas, tipo:

- Muros de fechamento (lotes, galpões, fábricas, penitenciárias, entre outros);
- Divisões em pátios portuários;
- Baías para depósitos;
- Muro de arrimo;
- CONTENÇÃO em zonas litorâneas;
- CONTENÇÃO contra erosões do solo;
- Fundações
- Barreiras de segurança.

Figura 13 - Construção de muro com uso do bloco.



Fonte: Legioblock (2018).

Esses blocos são produzidos a partir das sobras e/ou demolições providas das construções, que em suma, poderiam não estar recebendo uma destinação adequada e rentável, ou até mesmo, sendo destinado em locais inapropriados, o que é crime em alguns países europeus, como também no Brasil.

Algumas empresas europeias utilizam as sobras de concreto, que não foram

utilizados nas concretagens, para a confecção dos seus blocos de concreto.

Vale salientar que não foram encontradas normas internacionais para a confecção e aplicação dos blocos.

Figura 14 – Muro de contenção.



Fonte: Legioblock (2018).

Ressalta-se que esses blocos não têm em sua composição, elementos metálicos, ou seja, são estruturas de concreto simples, com dimensões que (Figuras 15, 16 e 17) podem variar a depender do fabricante e também da aplicação ao qual serão destinados, não existindo padronização única.

Segundo informações colhidas em *websites*, a origem deste método construtivo é britânica e atende às obras de contenção de barreira em rodovias e armazéns, tendo sido criados inspirados nos blocos de Lego² (SANTOS, 2017).

Uma das empresas atuantes no mercado internacional da Europa define seu produto como sendo: “um sistema de construção flexível de blocos de concreto empilháveis. [...] sem o uso de cimento ou material de fixação. [...] adequado para construções temporárias e permanentes. [...] podendo facilmente construir qualquer solução desejada, como paredes de retenção, caixas de armazenamento, paredes de separação, silos de trincheira, galpões de sal e salões industriais” (LEGIOBLOCK, 2018).

² Criado pelo dinamarquês e marceneiro de profissão, Ole Kirk Christiansen, em 1934, o *Leg Godt*, mundialmente conhecido como **LEGO**, significa “brincar bem”. Inicialmente construiu brinquedos de madeira[...]. É um brinquedo formado por diversos módulos de tamanhos diferentes, os quais se encaixam perfeitamente, originando diversas combinações, e desde o final do ano de 1950, tornou-se popular em todo o mundo (Fonte: <<https://www.infoescola.com/curiosidades/lego/>>. Acesso em: 08 nov. 18).

O fabricante (A) idealizador dos blocos, afirma que as paredes erguidas com os blocos empilháveis de concreto, podem alcançar 8,80 metros de altura numa aplicação livre e 13 metros de altura, dependendo dos fatores existentes.

Figura 15 – Dimensões dos pré-moldados I.

160 x 80 x 80 cm	2,360 kg	
120 x 80 x 80 cm	1,770 kg	
80 x 80 x 80 cm	1,180 kg	
40 x 80 x 80 cm	590 kg	

Fonte: Legioblock (2018).

Figura 16 – Dimensões dos pré-moldados II.

160 x 80 x 40 cm	1,180 kg	
120 x 80 x 40 cm	885 kg	
80 x 80 x 40 cm	590 kg	
40x 80 x 40 cm	295 kg	

Fonte: Legioblock (2018).

Figura 17 - Dimensões dos pré-moldados III.

160 x 40 x 40 cm	590 kg	
120 x 40 x 40 cm	443 kg	
80 x 40 x 40 cm	295 kg	
40 x 40 x 40 cm	148 kg	

Fonte: Legioblock (2018).

7.1 APLICAÇÕES NA EUROPA

Uma das aplicações dos blocos de concreto segundo o fabricante, foram utilizadas mais de 5.400 peças, no porto da cidade de *Neuss* na Alemanha (Figuras 18 e 19), onde foram construídos depósitos para armazenamento de uma empresa local, optando por esse método devido a sua rapidez, flexibilidade e facilidade executiva, como também a sua boa resistência ao fogo, já que alguns blocos possuem essa característica que é importante nesse tipo de obra, pois em anos anteriores, ocorreu um incêndio nas antigas instalações. Essas paredes apresentam altura aproximada de 12 metros de altura e as comuns 8,80 metros de altura. Além disso, a empresa contratante faz armazenagem de fertilizantes, agressivos ao concreto armado, sendo que com os blocos de concreto maciços, a preocupação com sua corrosão é nula, uma vez que não existe aço na sua estrutura (LEGIOBLOCK, 2018).

Figura 18 – Galpões construídos com blocos.



Fonte: Legioblock (2018).

Figura 19 – Galpões construídos com blocos. Vista lateral.



Fonte: Legioblock (2018).

7.2 APLICAÇÕES NO RIO GRANDE DO NORTE

O conceito e a aplicação dessa modalidade tecnológica construtiva se expandem de tal maneira, que podem ser encontradas em algumas localidades do Estado do RN (Figura 20), tais como: Penitenciária Estadual Rogério Coutinho Madruga, conhecida popularmente como presídio de Alcaçuz, situada na cidade de Nísia Floresta, que precisou ter seu muro reconstruído, após a ocorrência de rebeliões culminantes para a sua quase que completa degradação, sendo sua reestruturação realizada em caráter emergencial por parte do governo atuante à época, fruto da parceria entre empresários holandeses e potiguares.

Figura 20 – Processo de finalização do muro de divisa.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

Foram utilizados na obra de recomposição do talude de um viaduto localizado na BR 101 (Figuras 21 e 22), nas proximidades do bairro de Emaús, na cidade de Parnamirim/RN, evitando assim a perda de parte da faixa de rolamento da avenida.

Figura 21 – Compactação do solo e colocação dos blocos.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

Figura 22 - Processo de finalização da barreira de contenção.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

Houve também a aplicação uma área pertencente a uma pousada (Figura 23), localizada em uma região litorânea, que sofria com a constância do avanço do mar, culminante na destruição da área de lazer do mesmo.

Figura 23 – Colapso da área de lazer.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

O seu uso até a data de finalização deste trabalho, tem se mostrado satisfatório (Figuras 24, 25 e 26), uma vez que, sanou a erosão que ocorria na localidade, e não ocorreu o colapso da estrutura devido a possibilidade de escavação na base do muro, advindos da retirada de sedimento praial, realizado pelo movimento das ondas.

As vantagens de sua utilização podem ser descritas como sendo:

- Rapidez executiva;
- Modularidade construtiva, podendo ser montados e desmontados quando necessário;

- Não necessita de mão-de-obra qualificada;
- Inerte à degradação por corrosão, pois geralmente não utilizam armadura de aço.

Figura 24 - Vista aérea - blocos inseridos, sem o avanço das ondas.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

Figura 25 - Vista aérea - blocos inseridos, com o avanço das ondas.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

As desvantagens ficam por conta dos seguintes aspectos:

- Pouco conhecimento sobre a qualidade tecnológica do concreto;
- Não conhecimento sobre as características dos materiais usados na sua concepção;
- Falta de conhecimento dos resíduos utilizados em seu manejo;
- Falta de norma específica para dimensionamento estrutural, sendo assim, cada fabricante adota as dimensões que lhes convém;

- Falta de norma específica para fabricação;
- Falta de ensaios para comprovação de sua eficiência e característica do material;
- Falta de conhecimento técnico sobre seu emprego nos diversos campos da engenharia civil.

Figura 26 - Vista frontal - onda se choca com a contenção.



Fonte: Módulo Bloc (2018).

7.3 MATERIAIS UTILIZADOS NA FABRICAÇÃO DOS BLOCOS

Os blocos são feitos a partir de fôrmas metálicas, onde o concreto produzido é lançado e moldado. Suas dimensões podem variar a depender da solicitação de projeto e também de cada empresa que o produz.

Pouco se sabe sobre a fabricação desses blocos, pode-se notar que as empresas fabricantes dos blocos empilháveis na Europa, não disponibilizam em seus *websites* dados técnicos sobre a produção, controle tecnológico, tanto do concreto fresco quanto do endurecido, normativas de produção e emprego naqueles países, materiais e técnicas utilizadas, entre outras informações. Sendo apenas descrito que a concepção do bloco é oriunda, em alguns casos, do descarte de concretos usinados não usados nas obras e do processo de demolição de estruturas, nesse caso o RCD.

Informam ainda que após a cura do concreto utilizado nos blocos, sua resistência característica é semelhante ao concreto estrutural convencional, dados por norma.

7.3.1 Cimento

Segundo Neville (2013), o cimento hidráulico é um material que endurece pela ação da água. Sendo essa propriedade não afetada ao longo do tempo, mesmo exposto às ações das águas, posteriores a sua cura.

O cimento tem três características físicas distintas, sendo uma a sua condição natural, ou seja, o pó, a pasta cimentícia resultado de seu uso com água e a mistura da pasta com algum tipo de agregado, resultando na argamassa (BAUER, 2016).

Os tipos de cimentos comumente utilizados são os CP I, que tem na sua composição gesso, que retarda o processo de endurecimento (pega), mas não possui qualquer tipo de aditivo ou adição.

7.3.2 Agregados

Os agregados tem sua funcionalidade consolidada na confecção do concreto, pois permitem que se tenha um consumo elevado do cimento, que é o item com maior valor econômico embutido. Vale salientar que mesmo que o cimento fosse o item menos oneroso, ainda sim haveria a necessidade do emprego de alguns agregados a fim de mitigar a retração da pasta cimentícia, que é 10 vezes maior que a retração do concreto com agregado (NEVILLE; BROOKS, 2013).

Ou seja, para que se possa obter um concreto ideal, deve ocorrer uma interação entre o cimento e as demais partículas que são os agregados. Essa interação é importante, tendo em vista que frações granulométricas distintas tendem a diminuir os vazios entre si, tornando o produto final (concreto) mais resistente e menos poroso, já que haverá uma minoração dos vazios entre partículas, no entanto se os agregados empregados estiverem na mesma faixa de granulometria, isso não ocorre, sendo o produto final mais poroso como também de menor resistência.

Quando tratamos de agregados reciclados, nada mais é que uma solução encontrada para a destinação adequada para os resíduos da construção civil (RCC) e os resíduos de construção e demolição (RCD), que tendo em vista a legislação vigente, determina que esses rejeitos sejam depositados em locais adequados e licenciados pelos órgãos reguladores (Figura 27), sendo que na maioria dos casos, os mesmos são dispostos de forma inadequada, causando transtornos à sociedade

em toda sua amplitude.

Figura 27 - Deposição indevida de RCC/ RCD em via pública.



Fonte: Eco Desenvolvimento (2018).

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015) os entulhos gerados nas construções representam um percentual considerável de todos os resíduos sólidos das cidades brasileiras, e geralmente esses resíduos são depositados em aterros clandestinos, a margem de rios ou em terrenos baldios (CRISTO et al., 2014).

Os resíduos oriundos da indústria da construção civil podem ser transformados através de métodos mecanicistas (Figura 28), em agregados miúdos e/ou graúdos, essa diferenciação é determinada pelo seu peneiramento, tomando por base a fração passa e retida nas malhas das peneiras. Outro fator importante é que o emprego desses materiais poderá ser feito quando antes, forem analisadas suas características físico/químicas, uma vez que podem estar contidas nele, substâncias danosas, a exemplo as deletérias³, com isso sua aplicação fica prejudicada (NEVILLE, A.M., BROOKS, J.J. 2013).

Mesmo diante do exposto, a construção civil vislumbra melhorias nesses aspectos, já que mesmo com o consumo exacerbado de matéria-prima extraída da natureza, é a indústria que detém maior possibilidade de reaplicação dos resíduos gerados por ela própria, através da fabricação de concreto, artefatos de concreto, argamassas, base e sub-base para pavimentos, entre outros (RIBEIRO e MORELLI, 2009).

³ “São aquelas que estão presentes como constituintes minoritários, tanto nos agregados graúdos quanto nos miúdos, mas que são capazes de prejudicar a trabalhabilidade, a pega e endurecimento e as características de durabilidade do concreto”. Fonte: ECIVIL, 2018.

Figura 28 – Equipamento de moagem e separação dos resíduos de construção.



Fonte: Transdetrítos (2018).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução nº 307/2002⁴, classifica os resíduos como sendo:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

A) De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;

B) De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto.

Baseando-se no que foi supracitado, destacar-se-á o resíduo da classe A em sua totalidade, pois o tema deste estudo é sua aplicabilidade em artefatos de concreto.

Atualmente, estudos têm sido realizados com o intuito de se trazer luz, as possíveis utilizações dos RCC/RCD na confecção de concreto, afim de serem empregados em estruturas de concreto armado na construção civil, seja através da substituição total ou parcial dos agregados graúdos e miúdos, brita e areia, respectivamente. Esses estudos tem apontado para um caminho bem-sucedido desse resíduo na composição do concreto, à exemplo podemos citar:

A substituição do agregado graúdo natural pelos agregados reciclados teve um efeito significativo sobre a consistência do concreto, sendo que, quanto maior o teor de substituição, menor o abatimento do tronco de cone alcançado, apesar da menor superfície específica dos agregados reciclados.

⁴ A resolução nº 307/ 2002 sofreu algumas alterações.

Aos 28 dias de idade, o CREF ultrapassou o f_{cj} esperado de 35,0 MPa, indicando que a central dosadora de concreto submeter a dosagem deste traço a uma revisão, a fim de gerar maior economia.

Ainda aos 28 dias, o CR10 ultrapassou o f_{cj} esperado em 22%, salientando o desperdício no consumo de cimento do traço referência.

Segundo Leite (2001), a maior resistência à compressão do concreto [...], pode ser explicada devido aos agregados reciclados absorverem mais água, reduzindo assim a relação a/c efetiva da mistura.

Por fim, conclui-se que é possível produzir concretos com agregados reciclados com custos menores que os produzidos com agregados naturais, contribuindo assim para a sustentabilidade na construção civil, com desempenho satisfatório para aplicações estruturais. Porém, recomenda-se um maior controle tecnológico do material empregado, desde os processos de britagem como também triagem dos agregados reciclados. Além disso, aspectos relativos à durabilidade de concretos com RCC devem ser igualmente avaliados (SANTOS et al., 2015).

Ainda de acordo com Brito (2016):

[...] pode-se considerar que a empregabilidade dos resíduos de construção e demolição é satisfatória, uma vez que os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais realizados estão em conformidade com as resistências à compressão estabelecidas pelas normas brasileiras.

[...] resultados para o concreto:

1. Cimento, areia grossa e brita 19 mm (reciclada) e água. Resistência média de 24,91 [MPa]; **(Satisfatório para agressividade I);**
2. Cimento, areia grossa (reciclada), brita (natural) e água. Resistência média de 21,63 [MPa]; **(Satisfatório para agressividade I).**

7.3.3 Concreto

O concreto pode ser definido como massa produzida a partir do emprego de um determinado ligante, nesse caso especificamente, o cimento hidráulico, acrescido com agregados, podendo ser minerais, polímeros, fibras, reciclados de construção, entre outros (NEVILLE; BROOKS, 2013, p. 2).

“O concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida. [...] juntamente com a água, forma uma pasta mais ou menos fluida, dependendo do percentual de adicionado. Essa pasta envolve as partículas de agregado com diversas dimensões para produzir um material que, nas primeiras horas, apresenta-se em um estado capaz de ser moldado em forma geométrica. Com o tempo, a mistura endurece pela reação irreversível da água com o cimento, adquirindo resistência mecânica capaz de torna-lo um material de excelente

desempenho estrutural, sob os mais diversos ambientes de exposição” (ISAIA, 2007; p. 905 e 920).

A NBR 6118/2014, traz a definição para concreto como sendo:

Elementos de concreto simples estrutural: elementos estruturais elaborados com concreto que não possuem qualquer tipo de armadura, ou que a possuem em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado [...].

Elementos de concreto armado: aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência [...].

A qualidade do concreto se dá pelos materiais utilizados em sua composição e também na quantidade de água nele posta (Quadro 2), interferindo diretamente em sua capacidade resistiva as solicitações que lhes serão imputadas, bem como na classe de agressividade ambiental, que poderá aumentar ou diminuir a sua porosidade. Nesse caso, terá importância significativa, uma vez que a porosidade causa a corrosão das armaduras que compõe o concreto.

Os ensaios que determinam a qualificar o concreto quanto à classe de agressividade ambiental, moldagem de corpos de prova e ensaios de resistência, ficam a cargo das NBR's 6118/14, 5738/08 e a 5739/07, respectivamente.

Quadro 2 - Classe de agressividade ambiental e fator água/cimento.

Concreto ^a	Tipo ^{b, c}	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

^a O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

^b CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

^c CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT NBR 6118/14 (2018).

8 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso a ser abordado, dar-se na análise de execução e custo comparativo da obra de contenção realizada na contenção do passeio público e avenida principal da praia de Areia Preta (Miami Beach), Natal/ RN, com obras de contenção convencional do tipo, gabião.

8.1 O PROBLEMA EXISTENTE

A região onde se localiza a praia tem um relevo acidentado, com isso, uma diferença de altura natural entre as faixas de areia praial e a onde se situa a via pública, por onde passam pedestres e veículos automotores. Para a consolidação da via de acesso a aquela praia (Via Costeira), houve a necessidade de se estabilizar o solo da região, sendo então empregado o uso de contenção do tipo cortina atirantada⁵.

Segundo o Presidente da Associação de Moradores da Areia Preta (AMAP), Nelson Freire explica que a obra resolveu um problema histórico da região: “O muro anterior tinha 40 anos de existência. A estrutura remontava o início de construção da Via Costeira. Havia o temor de afundamento, algo que colocaria em risco toda a estrutura da pista”, (AGORA RN, 2019).

Com base numa análise visual da contenção, viu-se que a mesma foi composta de estacas de concreto armado pré-moldadas do tipo “H”, com tirantes, que se estendem por baixo de passeio e parte da via, sendo posta entre essas estacas, placas de pré-moldadas de concreto armado com uma distância de 3 m.

A estrutura se estende por uma faixa de 200 m, e altura variável indo de 2,80 m a 7,60 m, a partir da faixa de areia praial.

Com o passar dos anos desde a implantação dessa cortina de contenção, não ocorreram intervenções no que tange a sua manutenção, com isso os fatores químicos altamente prejudiciais as estruturas de concreto armado como cloreto e carbonatação, afetaram essas estruturas de tal maneira, que o seu colapso se

⁵ Há uma discordância sobre a real tipologia, onde alguns engenheiros especulam se tratar de uma contenção do tipo terra armada, já outros acreditam que se trata de cortina atirantada. Informações precisas sobre a sua concepção, não foram encontradas.

tornou eminente, devido ao avançado estado de deterioração (Figuras 29 e 30), tanto do aço quanto do concreto.

Figura 29 - Deterioração e erosão da cortina de contenção antiga.



Fonte: ENECOL (2019).

Figura 30 - Vista frontal da contenção antiga.



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

8.2 SOLUÇÃO ADOTADA

Para sanar em definitivo o problema existente, foram empregados os blocos de concreto empilháveis que tem em sua composição RCC/RCD, uma novidade tecnológica trazida da Europa e ainda pouco usual.

O bloco de concreto empilhável exerce a função de muro de arrimo por gravidade, pois utiliza apenas seu peso próprio para conter o talude, não sendo incorporadas a eles armaduras de aço. Nesse caso, os blocos empilháveis tem vantagem, quanto à possíveis corrosões. Para se aplicar efetivamente a contenção através dos blocos empilháveis, devem ser considerados os aspectos do solo onde será erguido, já que o empuxo exercido por ele é fator significativo. Nesse caso específico, o empuxo atuante será o ativo, uma vez que o solo arrimado tende a reagir diretamente contra o muro, pois tende naturalmente a voltar ao seu estado natural de repouso primário, sendo no projeto estrutural elaborado considerado apenas o empuxo do solo e não considerada a sobrecarga dos veículos da avenida.

Sua execução se dá, em um primeiro momento, pela escavação de uma trincheira, algo em torno de 1,20 m de profundidade, ou cerca de 20% da altura do muro (ficha), percorrendo toda a extensão da antiga contenção (cerca de 200 m) e afastamento de aproximadamente 0,20 m da cortina anteriormente. Após isso, é feita a compactação do solo e a colocação da primeira camada dos blocos, que são sua base de sustentação, formada de dois a quatro blocos, quantidade mínima e máxima, na base do muro, tendo em vista a variabilidade das alturas a serem vencidas. Desse modo, a área da base tem dimensões de 2,56 m² a 5,12 m², respectivamente.

Vale salientar que a primeira fiada de blocos teve de ser impermeabilizada com betume antes de ser construída, já que o local de aplicação e uso é agressivo para o concreto e bastante úmido, por se tratar de zona praial, esclarecendo que esta impermeabilização realizada até a altura de 1,20 m não protege a cortina de blocos em relação ação da água subterrânea e superficial pela ação da umidade ascendente.

Outro aspecto importante é a realização do ensaio geotécnico, para determinar resistência do solo aos carregamentos que a cortina sofrerá. Não se obteve contato com a empresa responsável pela execução da obra, para que se tivesse acesso aos resultados inerentes a realização ou não dessa coleta de dados

daquele solo, mas de acordo com informações dadas pelo engenheiro civil calculista responsável pelo projeto da contenção, foi informada em projeto, a resistência mínima do solo para que a não viesse a colapsar com a implantação do muro de gravidade, não constando tal informação no projeto estrutural da cortina.

Com base no projeto estrutural (Anexo I), pode-se verificar que o muro foi feito com o empilhamento dos blocos de concreto (Figura 31), de maneira a formarem um muro escalonado (em degraus).

Foram utilizadas 1.351 unidades do bloco (Quadro 3), tendo dimensões variadas, devendo obedecer à o critério de amarração semelhante aos executados em alvenarias, aumentando sua capacidade resistente.

Figura 31 - Colocação dos blocos na praia de Areia Preta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3 – Tipologia dos blocos empregados.

Largura (cm)	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Quantidade (unid.)	Peso aproximado (kg)
160	80	80	670	2.458
120	80	80	40	1.843
80	80	80	587	1.229
40	80	80	44	614
160	40	80	6	1.229
40	40	80	4	307

Fonte: ENECOL (Elaborado e adaptado pelo autor).

Segundo Ernesto Fraxe (2018), diretor geral do DER/RN, explica:

“Estamos utilizando tecnologia holandesa. São blocos de longa durabilidade, com dimensões de 1,60m x 0,80m x 0,80m, que pesam cada um 2,5 toneladas. As fundações são implantadas com 20% da altura da parede. É o que há de mais avançado para este tipo de construção” (entrevista ao jornal Política em Foco, 15 de janeiro de 2018).

8.3 CÁLCULOS UTILIZADOS

A memória de cálculo esclarece que há um espaçamento entre a antiga e a nova contenção, aproximadamente de 20 cm, que foi preenchido com concreto usinado de 20 MPa, concreto com resistência inferior a norma NBR 6118, pois pelo ambiente marinho do local a resistência à compressão deveria ser igual a 30 MPa, estando portanto desconforme as normativas atuais.

Foram utilizados para o dimensionamento o coeficiente de empuxos o teorema de Rankine.

Os ângulos de atrito é uma correlação entre o ensaio SPT e os cálculos de Terzaghi e Peck (1967), conforme as (Figura 32 e 33).

Figura 32 - Relação entre o N_{SPT} , e o ϕ do solo sem coesão (Meyerhof, 1956).

Compacidade	I_D	N_{SPT}	ϕ	q_c (kg/cm ²)
Muito solto	<0,2	<4	<30	<20
Solto	0,2-0,4	4-10	30-35	20-40
Médio	0,4-0,6	10-30	35-40	40-120
Denso	0,6-0,8	30-50	40-45	120-200
Muito denso	>0,8	>50	>45	>200

Fonte: Felipe A. (apud LOPES et al., 2001).

As equações utilizadas para determinar a estabilidade de contenção, são as que se seguem: Coeficientes dos empuxos

$$K_a = t_g^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) \therefore K_a = \frac{1}{K_p} \quad (\text{Equação 12})$$

$$K_p = t_g^2 \cdot \left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \therefore K_p = \frac{1}{K_a} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

- K_a : coeficiente de empuxo ativo;
- K_p : coeficiente de empuxo passivo;

- φ : ângulo de atrito do solo.

$$E_a = \gamma_s \cdot H \cdot K_a \cdot \frac{H}{2} \quad (\text{Equação 14})$$

$$E_p = \gamma_s \cdot h \cdot K_p \cdot \frac{H}{2} \quad (\text{Equação 15})$$

Onde:

- E_a : empuxo ativo;
- E_p : empuxo passivo;
- γ_s : peso específico do solo;
- H: altura do muro, indo da ficha até a sua crista (empuxo ativo);
- h: altura da ficha (empuxo passivo).

Figura 33 - Tabela dos estados de compacidade e de consistência.

Solo	Índice de resistência à penetração N	Designação ¹⁾
Areias e siltes arenosos	≤ 4	Fofa(o)
	5 a 8	Pouco compacta(o)
	9 a 18	Medianamente compacta(o)
	19 a 40	Compacta(o)
	> 40	Muito compacta(o)
Argilas e siltes argilosos	≤ 2	Muito mole
	3 a 5	Mole
	6 a 10	Média(o)
	11 a 19	Rija(o)
	> 19	Dura (o)

¹⁾ As expressões empregadas para a classificação da compacidade das areias (fofa, compacta, etc.), referem-se à deformabilidade e resistência destes solos, sob o ponto de vista de fundações, e não devem ser confundidas com as mesmas denominações empregadas para a designação da compacidade relativa das areias ou para a situação perante o índice de vazios críticos, definidos na Mecânica dos Solos.

Fonte: ABNT NBR 6484/2001 (2019).

$$M_t = E_a \cdot \frac{H}{3} \quad (\text{Equação 16})$$

$$M_{REp} = E_p \cdot \frac{h}{3} \quad (\text{Equação 17})$$

Onde:

- M_t : momento de tombamento;
- M_{REp} : momento resistente.

$$P = \gamma_c \cdot \text{área} \cdot m \quad (\text{Equação 18})$$

Onde:

- P: peso do muro;
- γ_c : peso específico do concreto;
- m: refere-se à aplicação em 1 metro por faixa de aplicação da carga.

$$M_{Rm} = \Sigma(P \cdot d) \quad (\text{Equação 19})$$

Onde:

- M_{Rm} : momento resistivo do muro;
- $\Sigma(P \cdot d)$: somatório dos pesos do muro, multiplicado pelas suas respectivas distâncias. O ideal é que o ponto arbitrário de aplicação da força, esteja distante da

Segundo Joppert (2007), a especificidade do solo, são definidos na (Figura 34).

Figura 34 – Definição dos parâmetros médios dos solos⁶.

Tabela nº 13 - Parâmetros médios do solo						
Tipo de solo	Faixa de STP	Módulo de elasticidade (t/m²)	Peso específico (g)		Ângulo atrito efetivo (f)	Coesão efetiva (tf/m²)
			Natural (t/m³)	Saturado (t/m³)		
Areia pouco siltsosa / pouco argilosa	0 - 4	2000 - 5000	1,7	1,8	25°	–
	5 - 8	4000 - 8000	1,8	1,9	30°	–
	9 - 18	5000 - 10000	1,9	2,0	32°	–
	19 - 41	8000 - 15000	2,0	2,1	35°	–
	≥ 41	16000 - 20000	2,0	2,1	38°	–
Areia média e fina muito argilosa	0 - 4	2000	1,7	1,8	25°	0
	5 - 8	4000	1,8	1,9	28°	0,5
	9 - 18	5000	1,9	2,0	30°	0,75
	19 - 41	10000	2,0	2,1	32°	1,0
Argila porosa vermelha e amarela	0 - 2	200 - 500	1,5	1,7	20°	0,75
	3 - 5	500 - 1000	1,6	1,7	23°	1,5
	6 - 10	1000 - 2000	1,7	1,8	25°	3,0
	≥ 10	2000 - 3000	1,8	1,9	25°	3,0 a 7,0
Argila siltsosa pouco arenosa (terciário)	0 - 2	100	1,7	1,8	20°	0,75
	3 - 5	100 - 250	1,8	1,9	23°	1,5
	6 - 10	250 - 500	1,9	1,9	24°	2,0
	11 - 19	500 - 1000	1,9	1,9	24°	3,0
	20 - 30	3000 - 10000	2,0	2,0	25°	4,0
	≥ 30	10000 - 15000	2,0	2,0	25°	5,0
Argila arenosa pouco siltsosa	0 - 2	500	1,5	1,7	15°	1,0
	3 - 5	500 - 1500	1,7	1,8	15°	2,0
	6 - 10	1500 - 2000	1,8	1,9	18°	3,5
	11 - 19	2000 - 3500	1,9	1,9	20°	5,0
	≥ 20	3500 - 5000	2,0	2,0	25°	6,5
Turfa / argila orgânica (quaternário)	0 - 1	40 - 100	1,1	1,1	15°	0,5
	2 - 5	100 - 150	1,2	1,2	15°	1,0
Silte arenoso pouco argiloso (residual)	5 - 8	8000	1,8	1,9	25°	1,5
	9 - 18	1000	1,9	2,0	26°	2,0
	19 - 41	15000	2,0	2,0	27°	3,0
	≥ 41	20000	2,1	2,1	28°	5,0

Fonte: Joppert, 2007 (2019).

⁶ O ângulo de atrito utilizado nos cálculos, é o que compreende a Faixa de STP entre 5-8, ou seja 30°.

$$FS = \frac{M_R}{M_t} \geq 1,5 \quad \therefore \quad \frac{M_{Rep} + M_{Rm}}{M_t} \geq 1,5 \quad (\text{Equação 20})$$

Onde:

- FS : fator de segurança ao deslizamento;
- M_R : momento de resistência;
- M_t : momento de tombamento.

$$FS = \frac{S + E_p}{E_a} \quad \therefore \quad \frac{P \cdot t_g \varphi + E_p}{E_a} \geq 1,5 \quad (\text{Equação 21})$$

Onde:

- FS : fator de segurança;
- S : atrito entre a base da contenção e o solo.

Comparações concernentes ao fator de segurança ao deslizamento, são estabelecidos pela NBR 11682/2009, conforme os (Quadros 4, 5 e 6), respectivamente.

Quadro 4 - Nível de segurança desejado contra a perda de vidas humanas.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praças e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego intenso
Médio	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego moderado
Baixo	Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido

Fonte: ABNT NBR 11682/2009 (2019).

Quadro 5 - Nível de segurança desejado contra danos materiais e ambientais.

Nível de segurança	Critérios
Alto	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos
Médio	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor moderado Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais moderados
Baixo	Danos materiais: Locais próximos a propriedades de valor reduzido Danos ambientais: Locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos

Fonte: ABNT NBR 11682/2009 (2019).

Quadro 6 - Fatores de segurança mínimos para deslizamentos.

Nível de segurança contra danos materiais e ambientais \ Nível de segurança contra danos a vidas humanas	Alto	Médio	Baixo
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

NOTA 1 No caso de grande variabilidade dos resultados dos ensaios geotécnicos, os fatores de segurança da tabela acima devem ser majorados em 10 %. Alternativamente, pode ser usado o enfoque semiprobabilístico indicado no Anexo D.

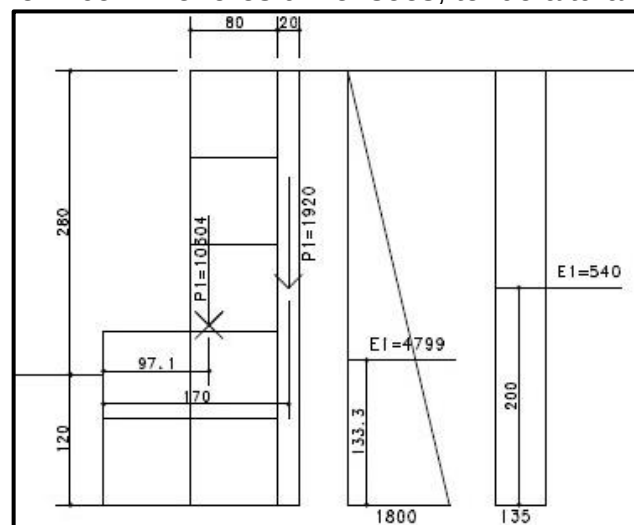
NOTA 2 No caso de estabilidade de lascas/blocos rochosos, podem ser utilizados fatores de segurança parciais, incidindo sobre os parâmetros γ , ϕ , c , em função das incertezas sobre estes parâmetros. O método de cálculo deve ainda considerar um fator de segurança mínimo de 1,1. Este caso deve ser justificado pelo engenheiro civil geotécnico.

NOTA 3 Esta tabela não se aplica aos casos de rastejo, voçorocas, ravinas e queda ou rolamento de blocos.

Fonte: ABNT NBR 11682/2009 (2019).

8.4 APLICAÇÃO DOS CÁLCULOS

Com base nas equações descritas no capítulo anterior, e informações fornecidas pela empresa responsável pelos cálculos estruturais, podemos encontrar as forças atuantes na contenção, e desse modo, comparar com o que foi dimensionado realizado pela empresa, tomando por base dois perfis do projeto estrutural, com o objetivo de exemplificação, usar-se-á a sequência das equações a seguir, que representam o perfil de menor dimensão (Figura 35).

Figura 35 – Perfil com menores dimensões, tendo altura inicial de 4 m⁷.

Fonte: ENECOL (Elaborado e adaptado pelo autor). Anexo I.

⁷ Na figura, os valores do peso do muro, empuxo, dimensões do bloco e distancias, são dados nas unidades: kgf, kgf/m, cm e cm, respectivamente. No entanto, os valores que estão em cm, foram transformados em m, para serem utilizados nas equações.

Os coeficientes de empuxo, são dados nas equações abaixo, sendo utilizado o ângulo de atrito de 30° , devido ao solo da região ser arenoso.

$$K_a = t_g^2 \cdot \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2}\right) \therefore K_a = \frac{1}{3} \quad (\text{Equação 22})$$

$$K_p = t_g^2 \cdot \left(45^\circ + \frac{30^\circ}{2}\right) \therefore K_p = 3 \quad (\text{Equação 23})$$

Para o perfil em estudo, os empuxos ativo e passivo, são decididos por:

$$E_a = 21 \left(\frac{kN}{m^3}\right) \cdot 4,0(m) \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{4}{2}(m) \cong 56 \frac{kN}{m} \therefore 5.710,41 \frac{kgf}{m} \quad (\text{Equação 24})$$

$$E_p = 21 \left(\frac{kN}{m^3}\right) \cdot 1,20 \cdot 3 \cdot \frac{1,20}{2} \cong 45,36 \frac{kN}{m} \therefore 4.727,40 \frac{kgf}{m} \quad (\text{Equação 25})$$

O momento de tombamento é dado por:

$$M_t = 56 \left(\frac{kN}{m}\right) \cdot \frac{4}{3} \cong 74,67 kN \cdot m \therefore 7.614,22 kgf \cdot m \quad (\text{Equação 26})$$

O momento resistente do perfil em estudo é dado por:

$$M_{REp} = 45,36 \left(\frac{kN}{m}\right) \cdot \frac{1,20}{2} \cong 27,16 kN \cdot m \therefore 2.769,55 kgf \cdot m \quad (\text{Equação 27})$$

Calculando o peso do muro para a extensão de 1 m, tem-se:

$$P_m = 2300 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot (0,80m \cdot 4,0m) \cdot 1(m) \cong 10.304 kg \quad (\text{Equação 28})$$

Calculando o peso do concreto de 20 MPa, aplicado entre a contenção antiga e a nova para a extensão de 1 m, tem-se:

$$P_{Conc.20MPa} = 2400 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \cdot (0,20m \cdot 4,0m) \cdot 1(m) \cong 1.920 kg \quad (\text{Equação 29})$$

O momento resultante no perfil analisado é dado por:

$$M_{Rm} = (10.304 \cdot 0,97) + (1.920 \cdot 1,70) \cong 13.258,89 kg \cdot m \quad (\text{Equação 30})$$

O fator de segurança ao tombamento é dado por:

$$FS = \frac{2.769,55 + 13.258,89}{7.614,22} \cong 2,10 \text{ (Ok!)} \quad (\text{Equação 31})$$

Com base no valor obtido, pode-se afirmar que o fator de segurança está dentro do previsto, ou seja, não tomba.

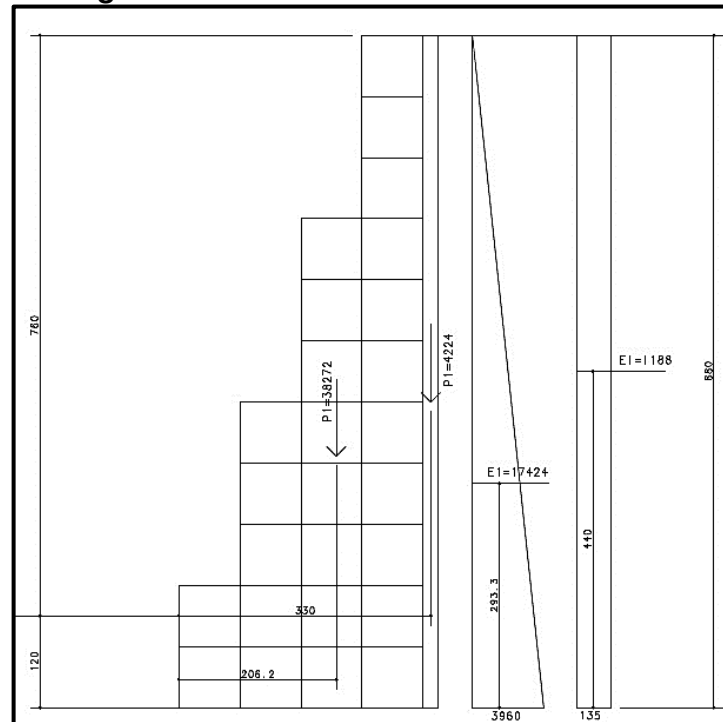
Já o fator de segurança ao deslizamento é dado por:

$$FS = \frac{(10.304 + 1920) \cdot t_g 30^\circ + 4.727,40}{5.710,41} \cong 2,06 \text{ (Ok!)} \quad (\text{Equação 32})$$

Pode-se afirmar então, que o fator de segurança está dentro do previsto, ou seja, o perfil analisado não deslizará.

A mesma sequência de cálculo utilizada, é aplicada para o perfil de contenção que tem a maior dimensão do projeto (Figura 36). Os valores de $K_a = \frac{1}{3}$ e $K_p = 3$, são os mesmos calculados anteriormente, pois o ângulo de atrito do solo nesse caso, é o mesmo (areia solta).

Figura 36 – Perfil com maiores dimensões.



Fonte: ENECOL (Elaborado e adaptado pelo autor). Anexo I.

Para o perfil em estudo, os empuxos ativo e passivo, são decididos por:

$$E_a = 17 \left(\frac{kN}{m^3} \right) \cdot 8,80(m) \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{8,80}{2} (m) \cong 219,41 \frac{kN}{m} \therefore 22.373,93 \frac{kgf}{m} \quad (Equação 33)$$

$$E_p = 17 \left(\frac{kN}{m^3} \right) \cdot 1,20 \cdot 3 \cdot \frac{1,20}{2} \cong 36,72 \frac{kN}{m} \therefore 3.744,40 \frac{kgf}{m} \quad (Equação 34)$$

O momento resistente do perfil em estudo é dado por:

$$M_t = 219,41 \left(\frac{kN}{m} \right) \cdot \frac{7,60}{3} \cong 555,84 kN.m \therefore 56.679,91 kgf.m \quad (Equação 35)$$

O momento resistente do perfil em estudo é dado por:

$$M_{Rep} = 36,72 \left(\frac{kN}{m} \right) \cdot \frac{1,20}{2} \cong 22,03 kN.m \therefore 2.246,43 kgf.m \quad (Equação 36)$$

Calculando o peso do muro para a extensão de 1 m, tem-se:

$$P_m = 2300 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot ((0,80m \cdot (8,80 + 6,40 + 4,0 + 1,60)m) \cdot 1(m)) \quad (\text{Equação 37})$$

$$\cong 38.272 \text{ kg}$$

Calculando o peso do concreto de 20 MPa, aplicado entre a contenção antiga e a nova para a extensão de 1 m, tem-se:

$$P_{Conc.20MPa} = 2400 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot (0,20 \cdot 8,80)m \cdot 1(m) \cong 4.224 \text{ kg} \quad (\text{Equação 38})$$

O momento resultante no perfil analisado é dado por:

$$M_{Rm} = (38.272 \cdot 2,06) + (4.224 \cdot 3,30) \cong 92.779,52 \text{ kg} \cdot m \quad (\text{Equação 39})$$

O fator de segurança ao tombamento é dado por:

$$FS = \frac{92.779,52 + 2.246,43}{56.679,91} \cong 1,68 \text{ (Ok!)} \quad (\text{Equação 40})$$

Com base no valor obtido, pode-se afirmar que o fator de segurança está dentro do previsto, ou seja, não tomba.

Já o fator de segurança ao deslizamento é dado por:

$$FS = \frac{(38.272 + 4.224) \cdot t_g 30^\circ + 3.744,40}{22.373,93} \cong 1.26 \quad (\text{Equação 41})$$

Pode-se afirmar então, que o fator de segurança está dentro do previsto, ou seja, o perfil analisado não deslizará.

Vale salientar que o valor supracitado de 1,26, não está em conformidade com a literatura técnica utilizada atualmente, que consideram o fator de segurança ao deslizamento, entre 1,5 e 2,0. Nesse caso, o valor encontrado não está errado, mas deixa uma margem de segurança menor que o habitualmente aplicado.

A partir dos cálculos realizados, encontramos os valores (Quadro 7) para serem comparados com os valores fornecidos pela empresa (Quadro 8), analisando assim os fatores de segurança, que nesse caso, em ambos os cálculos, são próximos aos satisfatórios.

Outro fator relevante, é que segundo informações da empresa responsável pela elaboração do projeto estrutural, no projeto estrutural da cortina não foi considerado em seus cálculos, a existência da contenção anterior, tendo em vista seu elevado grau de deterioração.

Foram também desconsiderados nos cálculos, os possíveis impactos advindos das ondas marítimas, uma vez que as águas não chegam à contenção, tendo em vista um processo de engordamento praiado realizado em anos anteriores.

Quadro 7 - Memória de cálculo dos esforços nos perfis maior e menor da contenção.

Altura (m)	Peso do arrimo (kg)	Empuxo horizontal (kgf/m)	Momento de Tombamento (kgf•m)	Momento de Resistência (kgf•m)	F. S. Tombamento	F. S. Deslizamento
2,80	10.304	5.710,41	7.614,22	13.258,89	1,98	2,06
7,60	38.272	22.373,93	56.679,91	92.779,52	1,68	1,26

Fonte: Elaborado e adaptado pelo autor (2019).

Quadro 8 - Memória de cálculo dos esforços na contenção fornecidos pela empresa.

Altura (m)	Peso do arrimo (kg)	Empuxo horizontal (kgf/m)	Momento de Tombamento (kgf•m)	Momento de Resistência (kgf•m)	F. S. Tombamento	F. S. Deslizamento
2,80	10.304	5.710,41	7.614,22	13.258,89	1,98	Não informado
3,60	13.248	5.184	9.850	16.277	1,65	Não informado
4,40	17.664	7.056	15.290	27.071	1,77	Não informado
5,20	22.080	9.216	22.422	41.241	1,83	Não informado
6,00	26.496	11.664	31.493	47.509	1,51	Não informado
6,80	32.384	14.400	42.725	67.970	1,59	Não informado
7,60	38.272	22.373,93	56.679,91	92.779,52	1,68	Não informado

Fonte: Elaborado e adaptado pelo autor (2019).

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas análises realizadas, pode-se constatar a existência de fissuras no concreto entre a cortina de blocos e a cortina antiga (Figura 37), tendo em vista não haver uma metodologia própria de cálculos, a contenção aplicada utilizou de métodos aproximados, a exemplo do de muro de gravidade do tipo gabião.

Figura 37 – Fissuras entre o preenchimento e a contenção nova e antiga.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Pode-se destacar também, que não foram disponibilizadas informações técnicas, sobre a composição do concreto dos blocos, não tendo norma específica que traga um respaldo técnico tanto para execução como para o projeto estrutural, apesar de que, mesmo nos países europeus, onde essa técnica é largamente empregada a anos, não se tem normas nem estudos aprofundados e com isso, dados confiáveis sobre tal, sendo assim uma técnica não conforme. A utilização de resíduos de construção em concreto, pode acarretar com o passar dos anos um desgaste por intemperismo, e desse modo, a existência de erosão.

Outra problemática observada, está relacionada com o controle tecnológico dos blocos, ou algum outro tipo e/ou espécie de experimentação

realizada, as quais não se tem conhecimento, nem pode ser encontrada com os fabricantes do bloco, com isso, não se pode determinar, por exemplo, a resistência característica do concreto empregado em sua confecção, sua porosidade, o traço (principalmente o fator A/C), e os ensaios dos agregados utilizados, uma vez que não são os provenientes da fragmentação de rochas graníticas sãs, e sim de rejeitos da construção civil, que detém uma complexidade de emprego, por se tratar de um material heterogêneo, devido aos possíveis materiais nele contidos. Sendo assim, afirmativas que o produto apresenta elevada capacidade de suporte, podendo chegar a concretos de alta resistência, devendo estas resistências citadas dos blocos serem verificadas por ensaios, uma vez que mesmo em obras que se há controle tecnológico, existe a dificuldade de se chegar em resultados tão positivos como os que os fabricantes afirmam.

Apesar da realização de estudos para garantir a utilização dos resíduos de construção na própria construção civil, como citados nas (páginas 44 e 45) deste trabalho, ainda não há no Brasil, norma que assegure seu emprego em larga escala e principalmente, respaldando quem pretender fazer uso dos mesmos. Um exemplo disso, são os processos licitatórios referentes a obras públicas, que não aceitam o emprego de RCC/RCD, por não terem especificidade técnica.

Dados oficiais do Departamento de Estradas e Rodagem – DER, referentes ao investimento feito para a construção dessa contenção, não foram encontrados, logo, o que se tem sobre o custo da obra, são informações difundidas pelos veículos de comunicação locais, que indicam um investimento margeando os R\$ 900.000,00, conforme (Figura 38) cita-se abaixo:

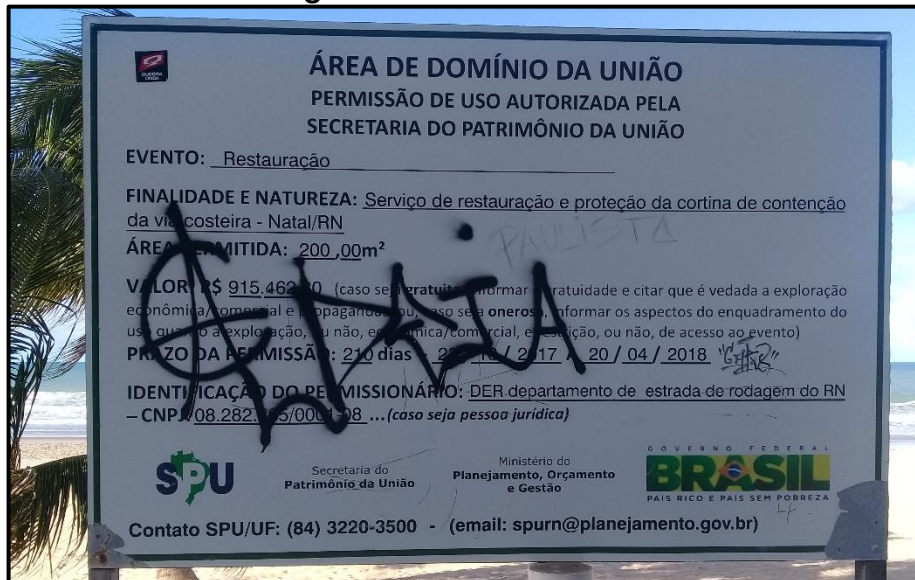
[...] o Diretor Geral do DER, Gen. Jorge Fraxe, participou da solenidade de entrega do Muro de Contenção da praia de Miami, no bairro de Areia Preta. O custo total da obra foi de R\$ 910 mil. (<http://www.pontodevistaonline.com.br>, 2018).

Para a realizar a obra foi escolhida a tecnologia conhecida como Módulo Block[...].

A obra está sendo realizada com recursos da Cide (Contribuição de Intervenção no Domínio Econômica) que incide sobre a comercialização dos combustíveis e se destina a investimentos em infraestrutura. O investimento é de R\$ 900 mil e contribui diretamente para o bom andamento da alta temporada do turismo e para o fluxo do cidadão que trafega na região. (Tribunadonorte.com.br, 2018).

O muro de contenção tem 200 metros e custou R\$ 900 mil. Além disso, também foi construído a mureta de sustentação da Praça do Relógio de Sol. (Agorarn.com.br, 2018).

Figura 38 – Placa da obra.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Se constatou fissurações com permeabilidade de água entre as duas cortinas o que ocasiona o rebaixamento da mesma, principalmente a de blocos, fazendo-a afundar devido ao seu elevado peso e sua pequena ficha (1,20 m). Sendo uma possível solução a colocação com introdução de grampos de aço ao longo da cortina para união das cortinas pela parte superior e de um dreno do tipo calha em toda sua extensão acima do concreto entre as duas cortinas, evitando a percolação da água pelas fissuras já existentes.

Constatou-se também que na parte mais alta da cortina apresenta um desalinhamento bastante perceptível (Figura 39), podendo ter sido ocasionado por falha executiva, uma vez que a ficha adotada para a contenção é não conforme, tendo apenas 1,20 m de profundidade na parte mais alta. Com base na literatura que aborda os princípios das estruturas de contenção, a profundidade ideal seria de 1/3 do desnível, e para cada 1 m de altura da contenção, cerca de 50% deverá ser sua base, devendo ficar assim com 2,60 m.

Não foram fornecidos dados referentes a sobrecarga no solo, nem os cálculos dos drenos, informações habituais para qualquer muro de contenção. A sobrecarga deve ser calculada, tendo em vista, a contenção estar situada em uma região de grande fluxo de pedestres e veículos, aumentando assim o empuxo ativo

na cortina, fato este não considerado nos cálculos do projeto estrutural. Segundo a literatura, deve-se considerar o valor de sobrecarga no solo entre 1 e 1,2, multiplicado pelo empuxo.

Dados sobre os cálculos do centro de gravidade e o centro de carga da cortina, não foram divulgados, sendo esses de significativa importância, por se tratar de uma cortina de fundação rasa, tanto o centro de gravidade quanto o de carga devem coincidir, caso isso não ocorra, acarretará em tensões de tração interna nos blocos, e conseguinte sua fissuração, uma vez que o concreto tem baixa resistência a ações dessa natureza.

Não foi considerada no projeto estrutural a existência de tração nos encaixes localizados acima dos blocos de contenção.

Os drenos, podem não ser dimensionados e/ou executados, se forem acrescentados aos cálculos do empuxo, a sobrecarga de água na contenção, aumentando assim a capacidade de suporte do muro, mesmo que a região apresente um solo com altíssima capacidade drenante, fato que não foi também considerado no projeto estrutural da cortina.

Como uma possível alternativa para o problema existente na praia, poderiam ter sido aplicadas metodologias diferentes, para citar apenas algumas de várias, a construção de uma nova cortina de contenção do tipo solo-grampeado, com estacas escavadas com viga de coroamento ou com estacas escavadas com viga de coroamento com tirantes ativos com união com a antiga, que alcançaria o efeito esperado (conter o talude) e um aspecto visualmente mais agradável, além de ocupar um espaço bem inferior ao ocupado pelos blocos.

Outra possibilidade seria a colocação de cortina com pilares em concreto ciclópico sem armação com estrutura em balanço com laje em concreto armado com tirantes ativos, igual realizada em outra parte da praia de Areia Preta/RN anterior da cortina citada com execução com mais de 10 anos sem existência de patologias mesmo não tendo sido realizada nenhuma manutenção preventiva.

Técnica sem projeto respaldado por normas, sem características e análises dos materiais, execução com falhas, apresentando fissurações.

Uma das possíveis soluções para os problemas inerentes as contenções, principalmente se tratando das localizadas próximo aos litorais, seria a utilização de estruturas em geossintéticos, tendo uma maior vida útil e manutenção inferior a outros sistemas de contenção, se executado corretamente.

Figura 39 – Desalinhamento da nova contenção.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

O uso dos blocos empilháveis em obras de contenção praia, é viável se forem adotados mecanismos de sustento de sua base mais eficazes, tendo em vista, que sua fundação é rasa, inadequada para zonas praias, que devido ao movimento constante das marés, produz a retirada (escavando por baixo da estrutura) e a deposição, significativa de sedimentos, com isso, a contenção sofre recalque e em consequente, é aterrada, respectivamente. Sendo esse processo cíclico, o colapso será inevitável ao longo do tempo. Em contrapartida, se forem utilizadas fundações profundas do tipo estaca raiz ou até mesmo hélice contínua como soluções, mesmo que ocorra o descalçamento do muro, ele permanecerá, pois seu suporte está nas estacas. Devendo assim, para ambos os casos, serem feitas paramentos a fim de evitarem o impacto das ondas contra as estacas.

O concreto convencional tem características conhecidas, diferente do reciclado que é um material heterogêneo, e com isso a precisão com relação ao peso dos blocos e consequentemente, o seu peso total são prejudicados, tendo em vista, os muros de gravidade terem em suma, a obrigação de conterem o solo pelo seu peso próprio, que para o caso da contenção analisada, fica prejudicado, pois não pode-se obter um peso homogêneo, se comparado ao concreto convencional. Nesse caso, poderia então haver a substituição por blocos de concreto convencional. O peso do bloco deve sempre ser o mesmo, com isso o concreto reciclado não é indicado para tal fim.

10 CONCLUSÕES

Ao se analisar tudo quanto exposto no trabalho, vê-se que a concepção de uma estrutura de contenção, obedece a parâmetros peculiares ao tipo adotado, e que vários fatores devem ser considerados, a fim de trazer maior estabilidade ao que se pretende conter, como também a estrutura, já que ambas trabalharam de modo a tornar-se um só conjunto.

A falta de normatização técnica quando a fabricação e a especificidade dos materiais além do dimensionamento estrutural usados na sua confecção, como também, em quais meios o uso do bloco é ou não adequado, traz certo desconforto por parte de quem elabora o projeto, pois está tomando para si toda a responsabilidade, sem ter como artifício defensivo, que obedeceu a parâmetros já existentes. Sendo assim um sistema executivo e estrutural não conforme.

Não devendo ser aplicado até que se tenha parâmetros, características e normas estruturais e executivas, para produzir confiabilidade aos contratantes, executores e projetistas estruturais.

Deve-se realizar serviços de melhoramento no caso citado, com introdução de grampos de aço ao longo da cortina para união das cortinas pela parte superior, além da colocação de calha de PVC em toda a extensão na parte superior da cortina para evitar a entrada de água.

10.1 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Análise do cálculo na cortina citada no estudo de caso com outros tipos de cortina de contenção;
- Caracterização do traço do concreto usado nos blocos;
- Análise do bloco em relação a resistência à compressão, absorção de água, pH do concreto, carbonatação e granulometria;

REFERÊNCIAS

AGORA RN. **Domínio público**. Disponível em: <<http://agorarn.com.br/cidades/praiade-areia-preta-recebe-novo-muro-de-contencao-e-de-protecao-da-orla/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

ANDRADE, Ana Cristina O. et al. Geotecnia: Fundações e Obras de Terra. **Caderno de Graduação- Ciências Exatas e Tecnológicas**, Sergipe, v. 1, n. 16, p. 27-43, mar. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118/2014**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5629/1996**: Execução de tirantes ancorados no terreno. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7480/2007**: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7482/2008**: Fios de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7483/2008**: Cordoalhas de aço para estruturas de concreto protendido - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484/2001**: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11682/2009**. Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). Disponível em: <<http://abrecon.org.br/gestao-de-residuos-garante-beneficios-na-construcao-civil>>. Acesso em: 2 nov. 2018.

BAUER, L. A.F. **Materiais de construção**. 5. ed., v. 1, Rio de Janeiro: LTC, 2016.
BRITO, E. T. **Possibilidades de utilização de concretos e argamassas com adição de resíduos de construção civil, fábricas e de poços de petróleo**. v. 15 n. 1/2 janeiro / dezembro 2016 ISSN 2446-8142. REVISTA UNI-RN Centro Universitário do Rio Grande do Norte. Rio Grande do Norte: UNI-RN, 2016.

CARVALHO, Perdo Alexandre Sawaya de (coordenador). **Taludes de Rodovias: orientações para diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1991.

CHUVA, Francisco António Cardoso Duarte Rodrigues. **Análise de um Muro de Suporte de Terras**. 2011. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Mecânica Aplicada e Estruturas da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

CLOUTERRE. Recommendations Clouterre 1991. Paris: Ecole Nationale des Ponts et Chausseés, Presses de l'ENPC, 1991.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. **Publicada**: Diário Oficial da União (DOU), p.95-96, 17 jul. 2002.

CRISTO, F. I. de et al. Parâmetros operacionais para implantação de uma recicladora de resíduos da construção civil. CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, 2014, Natal. Anais eletrônicos... Natal: Associação Brasileira de Custos, 2014. 16 p.

DICAS DE CONSTRUÇÃO. Disponível em: <<http://www.dicasconstrucoes.com.br>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

DOMINGUES, P. C. **Indicações para projetos de muros de arrimo em concreto armado**. 1997. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, 1997.

ECIVIL. Disponível em: <<https://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-substancias-deleterias.html>>. Acesso em: 27 nov. 2018.

ECO DESENVOLVIMENTO. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org>>; Blog do Milton Jung. Acesso em: 6 nov. 2018.

ENECOL – Engenharia Estrutura e Consultoria LTDA. Engenheiro responsável: Márcio Medeiros.

EHRlich, M.; BECKER, L. **Muros e Taludes de solo Reforçado**. São Paulo: Oficina de texto, 2009.

FELIPE A. G. A. **Correlações entre resultados de ensaios in situ de penetração dinâmica do com o ensaio *standard penetration test***. 2016. 121 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança. Portugal, 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/14068/1/Andr%C3%A9_Filipe_Gon%C3%A7alves_20Afonso_MEC_2016%20.pdf>. Acesso em: 2 mai. 2019.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de Contenção - Muros de Arrimo**, 2008 (Apostila).

HACHICH, Waldemar et al. (Ed.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1998.

INFRATURAESTRUTURA URBANA Disponível em: <<http://infraestruturaurbana17.pini.com.br/solucoes-tecnicas/11/2-crib-wall-contentacao-de-muro-em-fogueira-estrutura-245176-1.aspx>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

ISAIA, Geraldo C. (ed.) **CONCRETO**. Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto IBRACON, 2005. ISBN 85-98576-03-4

KINDER, H.; HILLGEMANN, W. (1964). **Atlas Zur Weltgeschichte**, vol. 1, Deustscher Taschenbuch Verlag, Munchen, 299 pp.

LEGIOBLOCK. 2018. Disponível em: <<https://legioblock.com>>. Acesso em: 9 nov. 2018.

MÓDULO BLOC. Disponível em: <<http://www.grupopav.com.br/modulobloc>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J.J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2013.

PEREIRA. C. **O que é gabião, principais tipos, vantagens e desvantagens.** Atualizado em 21 de janeiro de 2019. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/gabiao/>>. Acesso em: 10 de mai. 2019.

PINTEREST. Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/437764026261935514/>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

POLÍTICA EM FOCO. **Domínio público.** Disponível em: <<http://www.politicaemfoco.com/governo-constroi-nova-cortina-de-contencao-na-praia-de-areia-preta-em-natal/>>. Entrevista Ernesto Fraxe, Diretor geral do DER/RN. Acesso em: 11 mar. 2019.

PONTE DE VISTA ONLINE. **Domínio público.** Disponível em: <<http://www.pontodevistaonline.com.br/der-entrega-muro-de-contencao-de-areia-preta/>>. Acesso em: 03 mai. 2019.

PREFEITURA DO NATAL/ RN. **Domínio público.** Disponível em: <https://www.natal.rn.gov.br/bvn/publicacoes/leste_areiapreta.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

RAMOS, Ivanízio. **Blog Flávio Marinho.** Disponível em: <<https://blog.flaviomarinho.com.br>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

RANZINI S.; NEGRO A. **Fundações: Teoria e prática.** 2 ed. São Paulo: Pini, 1998.

RESEARCHGATE. Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Sistemas-de-drenagem-em-solo-grampeado-e-cortina-atirantada-8-A-drenagem_fig1_317151041>. Acesso em: 01 dez. 2018.

RIBEIRO, D.; MORELLI, M. **Resíduos sólidos: problemas ou oportunidades?** 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

SANTOS A. **Bloco imita Lego e permite construção industrializada versátil,** 07 de dez. 2017. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/bloco-imita-lego-e-permite-construcao-industrializada-versatil/>>. Acessado em: 02 nov. 2018.

SLIDESHARECDN. **Domínio público.** Disponível em: <<https://image.slidesharecdn.com/aula2-1-murosdearrimo-160205161725/95/aula-2-1murosdearrimo-35-638.jpg?cb=1454689143>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

TÉCHNE. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/83/artigo286273-1.aspx>>. Edição n. 83. Publicado em: fev. 2004. Acesso em: 30 dez. 2018.

TÉCHNE. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/123/artigo286420-1.aspx>>. Edição n. 123. Publicado em: jun. 2007. Acesso em: 30 dez. 2018.

TEIXEIRA, I. J. R, **Estudo comparativo de duas alternativas para contenção de taludes verticais: solo grampeado e cortina atirantada**. Trabalho de Conclusão de Curso: Engenharia Civil - Universidade Federal de Feira de Santana (Departamento de Tecnologia), Feira de Santana/BA, 2011. Acesso em: 30 mai. 2018.

TRANSDETRITOS. Disponível em: <<http://transdetritos.com.br/blog>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

TRIBUNA DO NORTE. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/praiade-areia-preta-recebe-nova-cortina-de-contena-a-o/402485>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

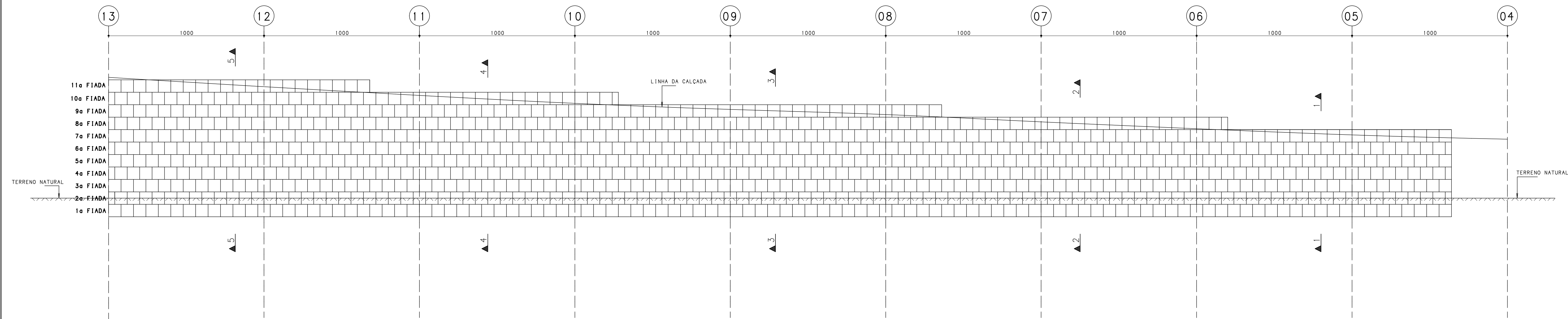
VIZIA ENGENHARIA. Disponível em <<http://viziaengenharia.com.br/nossos-projetos/reforco-estrutural-muros/>>. Acesso em: 30 mai. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **Domínio público**. Disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=298570>>. Acesso dia: 24 nov. 2018.

**ANEXO I - PROJETOS
EXECUTIVOS**

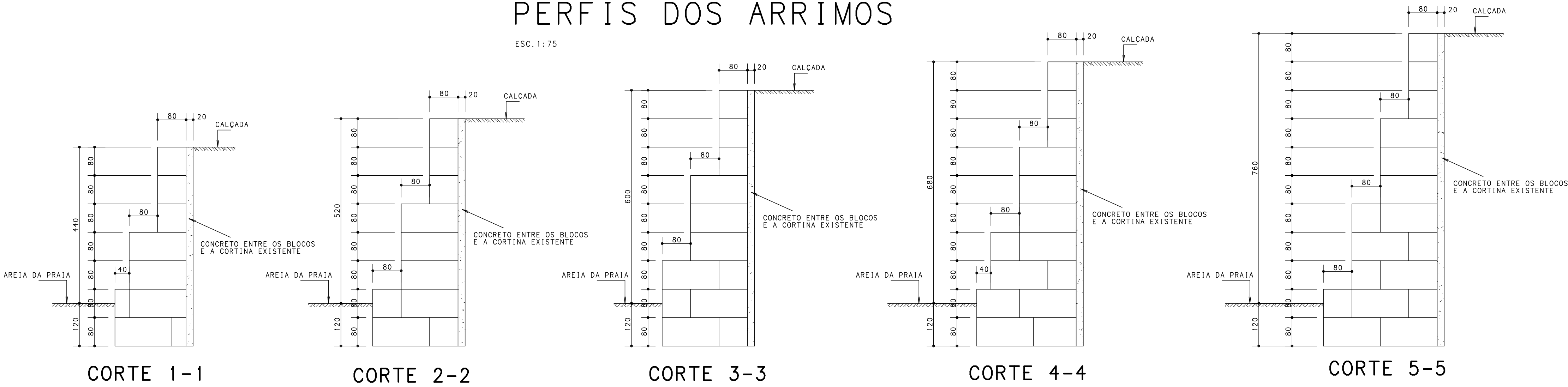
VISTA DO ARRIMO

ESC. 1: 125



PERFIS DOS ARRIMOS

ESC. 1: 75



OBSERVAÇÕES:

- 1- ARRIMO A SER CONSTRUÍDO COM SISTEMA DE BLOCOS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO TIPO BETON BLOC OU SIMILAR.
- 2- A DENSIDADE DE CÁLCULO DOS BLOCOS DEVE SER MAIOR OU IGUAL A 2300 kgf/m³
- 3- OS BLOCOS DEVEM SER MONTADOS DE ACORDO COM AS PLANTAS DE FIADAS DESCRITAS NA PRANCHA 02.
- 4- O ESPAÇO DE 20cm ENTRE A CORTINA EXISTENTE E O ARRIMO DEVE SER PREENCHIDO COM CONCRETO F_{ck}=20MPa A MEDIDA QUE FOREM SENDO POSICIONADAS AS FIADAS
- 5- DEVE SER CONFIRMADO, POR SONDAGEM SPT OU PROVA DE CARGA DIERTA, SE O SOLO SOBRE O QUAL SERÁ ASSENTADO O ARRIMO POSSUI UMA TENSÃO ADMISSÍVEL IGUAL OU SUPERIOR AOS VALORES INDICADOS ABAIXO:

TRECHO	TENSÃO ADMISSÍVEL (kgf/cm²)
CORTE 1-1	1.8
CORTE 2-2	1.7
CORTE 3-3	2.4
CORTE 4-4	2.7
CORTE 5-5	2.5

NO CASO DESSA TAXA NÃO SER CONFIRMADA, O PROJETISTA DEVE SER CONSULTADO PARA DEFINIR PROCEDIMENTOS A ADOTAR (MELHORA DO TERRENO POR COMPACTAÇÃO OU SUBSTITUIÇÃO DO SOLO).

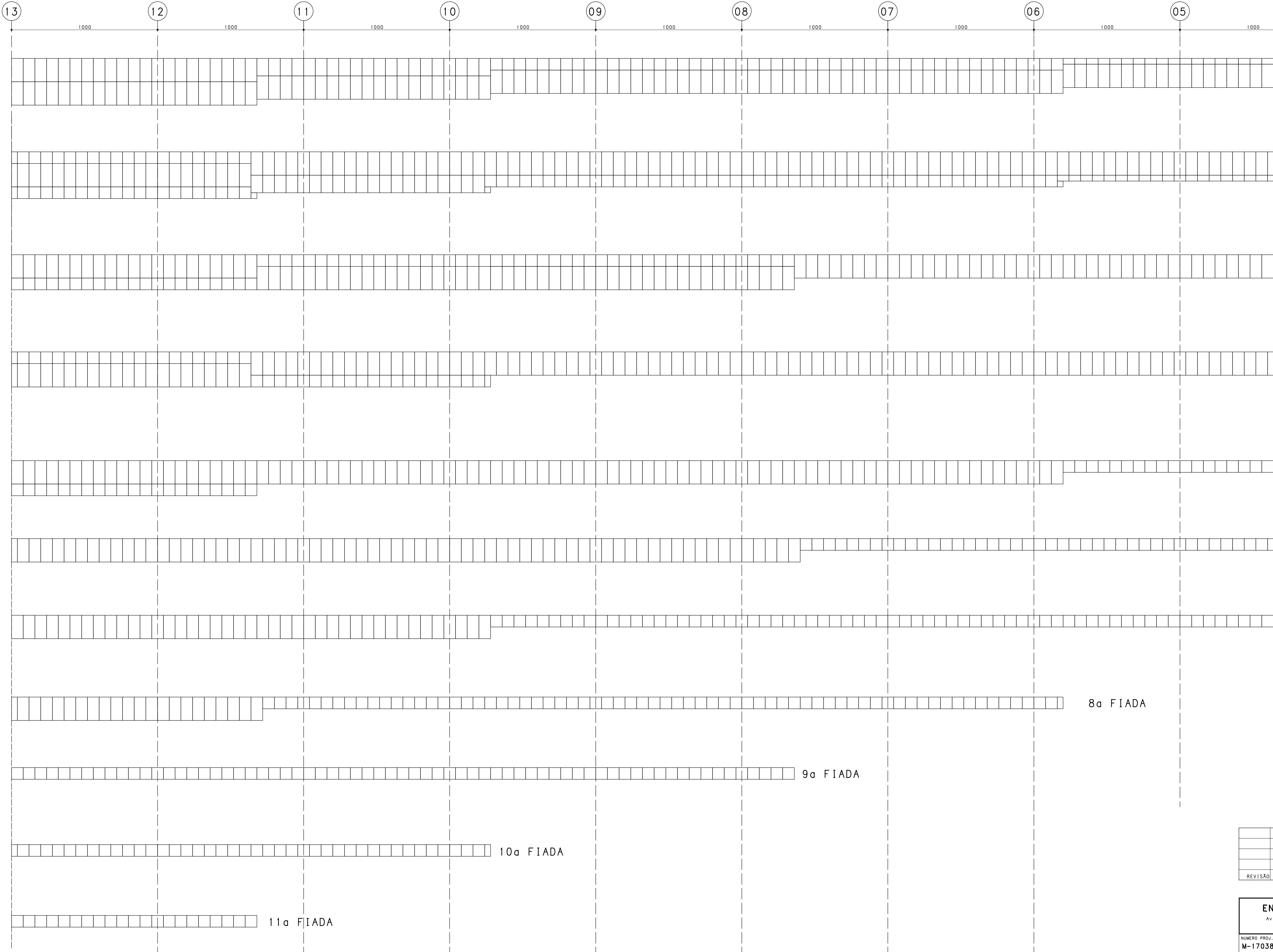
REVISÃO	MODIFICAÇÃO	DATA	VISTO

ENECOL - Engenharia Estrutural e Consultoria Ltda Av. Antonio Basilio, 3025 sala 308 Fone: 3211 8118 Natal - RN E-mail: enecolestrutural@gmail.com					
NUMERO PROJ: M-17038	CLIENTE: DER/DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM-RN				
	OBRA: ARRIMO EM AREIA PRETA - NATAL-RN				
PRANCHA 01	ASSUNTO: VISTA E PERFIS DO ARRIMO				
CONF.	CONCRETO fck= 20 MPa	ACO CA50 CA60	DATA SET/2017	ESCALA(S) INDICADAS	DESENHO CALIANE

TABELA DE PERIS
ATLH. 1 PERIS 0.15
ATLH. 2 PERIS 0.20
ATLH. 3 PERIS 0.25
ATLH. 4 PERIS 0.30
ATLH. 5 PERIS 0.35
ATLH. 6 PERIS 0.40
ATLH. 7 PERIS 0.45
ATLH. 8 PERIS 0.50
ATLH. 9 PERIS 0.55
ATLH. 10 PERIS 0.60
ATLH. 11 PERIS 0.65

FIADAS

ESC. 1: 125



1a FIADA

2a FIADA

3a FIADA

4a FIADA

5a FIADA

6a FIADA

7a FIADA

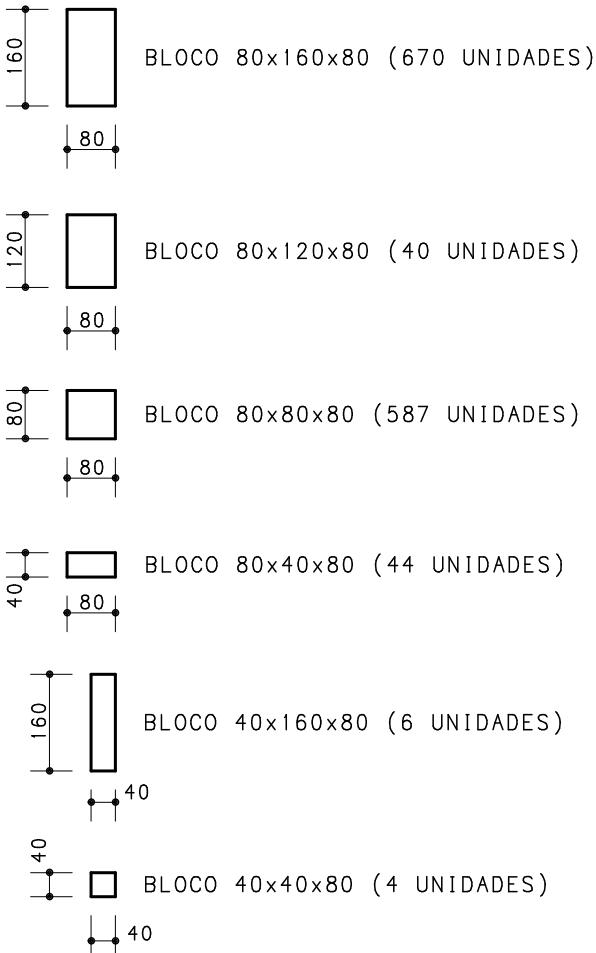
8a FIADA

9a FIADA

10a FIADA

11a FIADA

CONVENÇÕES



REVISÃO	MODIFICAÇÃO	DATA	VISTO

ENECOL - Engenharia Estrutural e Consultoria Ltda Av. Antonio Basilio, 3025 sala 308 Fone: 3211 8118 Natal - RN E-mail : enecolestrutural@gmail.com					
NUMERO PROJ: M-17038	CLIENTE : DER/DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM-RN				
	OBRA : ARRIMO EM AREIA PRETA - NATAL-RN				
PRANCHA 02	ASSUNTO: FIADAS				
CONF.	CONCRETO fck= 20 MPa	ACO CA50 CA60	DATA SET/2017	ESCALA(S) 1:125	DESENHO CALIANE

TABELA DE PEÇAS
NÍVEL 1 PEÇA 0,15
NÍVEL 2 PEÇA 0,30
NÍVEL 3 PEÇA 0,30
NÍVEL 4 PEÇA 0,30
NÍVEL 5 PEÇA 0,30
NÍVEL 6 PEÇA 0,30
NÍVEL 7 PEÇA 0,15
NÍVEL 8 PEÇA 0,15
NÍVEL 9 PEÇA 0,30
NÍVEL 10 PEÇA 0,30
NÍVEL 11 PEÇA 0,30

