

Artigo de Pesquisa

A expansão artificial do litoral e a destruição dos ambientes de costa rochosa na região metropolitana do Rio de Janeiro

The Artificial Expansion of the Littoral and the Destruction of the Rocky Coast Environments in the metropolitan region of Rio de Janeiro, Brazil

Antonio Paulo Faria¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, Brasil.
antoniofaria.geo@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7481-2878>

Recebido: 13/03/2023; Aceito: 03/08/2023; Publicado: 27/03/2024

Resumo: A partir de meados do Século 19 as alterações causadas na geomorfologia do litoral do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo foram intensas, afetando, inclusive, os ambientes de costa rochosa. Relevos rochosos na costa foram destruídos ou desfigurados para extrair sedimentos e fragmentos de rocha para construir muros, casas, edifícios, pontes, portos, ruas e rodovias. A expansão das áreas urbanas desses municípios com aterros avançou consideravelmente sobre o litoral da Baía de Guanabara e sobre a costa oceânica. Encostas de montanhas, morros e ilhas que abrigavam ecossistemas marinhos, foram destruídas, ou passaram a ser ambientes urbanos. Mensurações no campo e nas imagens do Google Earth indicam que foram destruídos 45,7 km lineares de ambientes naturais de costa rochosa, incluindo: 16,8 km de campos marinhos de blocos e clusters marinhos de blocos; 8,9 km de pequenas baías rochosas, costa retilínea e convexa, com perfis de costão e falésia; e pequenas ilhas rochosas com perímetro total de 18 km. Esses ambientes rochosos naturais foram substituídos por estruturas artificiais, ou tecnoformas, que retificaram o litoral. A construção de estaleiros, portos e marinas criou costa dentada e baías com estruturas de concreto. Do total de 95 km lineares de estruturas construídas, 26,2 km são enrocamentos que servem de contenção para aterros, guia-correntes e quebra-mares. Muros e alicerces para viadutos e edifícios totalizam 68,5 km. Essas formas antropogênicas tendem a ser menos resistentes aos eventos naturais extremos que as tipologias geomorfológicas naturais, e devem ter alterado os padrões de circulação das correntes marinhas e o transporte de sedimentos. Falta ainda saber como essa substituição influencia as espécies marinhas bentônicas.

Palavras-chave: ambientes de costa rochosa; enrocamentos litorâneos; muros litorâneos; geomorfologia antropogênica.

Abstract: The middle of the 19th Century was the beginning of an intense process of change in the coastal geomorphology of the counties Rio de Janeiro, Niterói, and São Gonçalo, situated in Brazil. It also affected the rocky coast environments. Rocky hills were destroyed or got disfigured because they were used as a source of sediment and rock fragments to build walls, houses, buildings, bridges, ports, streets, and highways. The expansion of the urban areas with landfills advanced significantly over the Guanabara Bay shore, and over the oceanic coast. Slopes of hills and islands that contained marine ecosystems were either destroyed or changed into urban environments. The measurements carried out in the field and on Google Earth indicated that 45.7 km of natural rocky coast environments disappeared, including: 16.8 km of coastal boulder deposits and clusters of residual boulders; 8.9 km of small rocky bays, rectilinear and convex coast with cliff and low cliff angle profiles; and a total perimeter of 18 km of small rocky islands. These natural rocky environments were substituted by artificial structures that rectified the coast. The construction of shipyards, ports and marinas created dented coasts and bays surrounded by concrete seawalls. Considering a total of 95 km of artificial structures built, 26.2 km were breakwater, groynes, and rock revetment to contain landfill. The remaining 68.5 km were seawalls and concrete bases for buildings and bridges. Those anthropogenic forms tend to be less strong than the natural geomorphic types, and perhaps they changed the marine currents circulation and sediment transport. Yet, there is a lack of knowledge of how those changes affected the benthonic marine species.

Keywords: rocky coast environments; coastal groynes; seawalls; anthropogenic geomorphology.

1. Introdução

Foram construídos no Brasil mais de mil quilômetros lineares com estruturas de engenharia, ou tecnoformas, que copiam as feições geomorfológicas da costa rochosa, principalmente no litoral das regiões Sul e Sudeste. Por um lado, essas estruturas serviram para criar aterros para construção e expansão de áreas urbanas, industriais e portuárias; e atuam na proteção contra a erosão marinha. Por outro estima-se que levaram à destruição de vastas áreas de ambientes rochosos marinhos. Esta estimativa é baseada em mensurações realizadas nos municípios do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, que, devido à representatividade geomorfológica, pelo histórico de ocupação e pela quantidade de dados disponíveis, foram utilizadas como modelo neste trabalho.

Existem numerosos trabalhos que versam sobre geomorfologia antropogênica, cujos focos incluem geomorfologia urbana, impactos ambientais e riscos geomorfológicos devido a mudanças nos ambientes, por exemplo, Peggia et al. (2014), Thornbush e Allen (2018) e Peixoto et al. (2022). Em relação a geomorfologia urbana costeira, a literatura também é ampla com diversos levantamentos e estudos de caso, como exemplificam os trabalhos de Brandolini e Faccini (2017) e Lins-de-Barros et al. (2018). Considerando estes temas, o Rio de Janeiro e Niterói (além de outras cidades no País) estão entre as cidades globais que mais tiveram o relevo litorâneo modificado. Desde o Século 18 a geomorfologia costeira do Brasil vem sendo remodelada por projetos de engenharia, que aplicaram conjuntos de ações que podem ser resumidos da seguinte forma: a) desmonte dos morros com espessos mantos de intemperismo (saprolito e regolito), que serviram como fontes de sedimentos para os aterros litorâneos; b) desfiguração de morros rochosos pelas pedreiras para obtenção de britas, matacões e blocos para construir as estruturas dos edifícios, dos enrocamentos, muros de contenção dos aterros e para a pavimentação de ruas; e c) formação de extensos depósitos de sedimentos e entulhos (aterros).

Não deve ter sido por acaso que várias cidades foram estabelecidas sobre a extensa costa rochosa brasileira com afloramentos de rochas pré-cambrianas (granitos, granitoides e gnaisses). Por um lado, os relevos rochosos davam sustentabilidade estrutural às baías e aos estuários que serviam de portos naturais, conforme disserta Ab`Sáber (2001), e por outro, os portugueses procuravam por lugares altos visando à defesa, segundo Mori et al. (2003). Além disso, segundo Mansur et al. (2008) e Almeida e Porto Júnior (2012), essas rochas resistentes eram matéria prima para a construção civil, sendo fundamentais para o desenvolvimento de cidades como o Rio de Janeiro. Nessas condições de geologia e geografia, foram fundadas: Cananéia (SP) em 1531, São Vicente (SP) em 1532, Vila Velha (ES) em 1535, Salvador (BA) em 1549, Vitória (ES) em 1551, Angra dos Reis (RJ) em 1556; Rio de Janeiro (RJ) em 1565, e várias outras cidades criadas no Século 17, como Florianópolis (SC), em 1673 e Laguna (SC), em 1676. Segundo Almeida e Porto Júnior (2012), as cidades construídas nas áreas planas ou longe deste tipo de geologia, geralmente, eram feitas de taipa, como a Cidade de São Luís (MA), fundada em 1612.

Faria (2018 e 2022a) disserta que a costa rochosa brasileira, composta por rochas ígneas e metamórficas, tem um comprimento total de, aproximadamente, 2000 km, incluindo ilhas e reentrâncias, distribuídos da seguinte forma: no Rio de Janeiro ficam 872 km (44%), 667 km (33%) em São Paulo, e 260 km (16%) em Santa Catarina. Os 7% restantes são divididos entre outros estados, principalmente Espírito Santo, Paraná, Pernambuco e Bahia. Todo esse litoral tem ambientes marinhos rochosos muito diversificados e importantes. No entanto, eles são subestimados ou desconhecidos, e talvez por isso, e por falta de leis que os protejam, a destruição foi enorme em quase todas as cidades médias e grandes.

As alterações realizadas no relevo litorâneo do Rio de Janeiro podem ter começado com as obras da Praça XV de Novembro e do Cais do Valongo, em meados da década de 1770. No século seguinte, a partir de 1808, as transformações foram muitas, porque o Rio de Janeiro passou a ser a capital do Império Português. As áreas urbanas expandiram-se ao longo das margens da Baía de Guanabara, e no Século 20, quando o Rio de Janeiro já era a capital do Brasil, o crescimento continuou para a costa oceânica em taxas aceleradas, conforme destaca Abreu (2010). A fase mais intensa de alteração do relevo litorâneo que atingiu a costa rochosa, foi entre o final do Século 19 e a década de 1990, com a construção de vários aterros que cobriram quase toda a margem da Baía de Guanabara e suas ilhas, no Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo. Extensas áreas de ambientes neríticos rasos, ambientes de praia e ambientes de mangue foram aterradas. Além disso, devido aos aterros muitos morros rochosos deixaram de fazer parte dos ambientes litorâneos, incluindo 36 ilhas que desapareceram, conforme relata Amador (2013).

Neste contexto, o presente trabalho mensurou, em quilômetros lineares, a extensão destruída dos ambientes naturais de costa rochosa, a extensão construída, e caracterizou os ambientes artificiais de costa rochosa nos municípios de Niterói, Rio de Janeiro e São Gonçalo.

2. Área de Estudo

Atualmente, a maior parte da área de estudo se encontra coberta por estruturas de concreto e asfalto (Figura 1), sendo que essas coberturas ocupam áreas que antes eram ambientes de mangue, brejo, laguna, restinga, praia e ambiente rochoso, conforme Amador (2013). Grande parte dos municípios do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo é constituída de terreno montanhoso e, de acordo com PMRJ (1997) e CPRM (2009), a maior parte da geologia desses municípios é formada por ortognaisse (facoidal) e paragnaisse (kinzigito e leptinito). Existem também algumas faixas de quartzito associadas ao paragnaisse que aflora no litoral. As rochas ígneas têm afloramento restrito: granito, gabro, diques de diabásio e veios de pegmatito (Figura 2). Segundo Gill (2014), essas rochas são resistentes e densas entre 2,6 e 3 g/cm³ e, por isso, são muito utilizadas pela construção civil para vários fins. O relevo rochoso litorâneo da área de estudo é formado por três tipos básicos: a) costa rochosa convexa, que circunda morros e montanhas em forma de domo elíptico e pontão; b) costa rochosa retilínea, geralmente orientada por falhas e juntas geológicas nos sentidos SO-NE e NO-SE; e c) costa rochosa dentada, formada nas áreas onde o relevo se encontra densamente fraturado. Conforme classificação de Faria (2018), os perfis longitudinais destes três tipos de costa rochosa encontrados no estado do Rio de Janeiro são formados por: bancada (até 15°), costão marinho (inclinação entre 15° e 45°), falésia (maior que 45°) e perfis mistos do tipo costão-falésia, falésia-teto e falésia convexa. Existem ainda outros tipos de perfis formados por cluster marinho de blocos, campo marinho de blocos e praia de matacões. Faria (2022a) explica que os campos marinhos de blocos (CMB) são formas deposicionais formadas pela lavagem dos depósitos de tálus e chegam a compor aproximadamente 40% da costa rochosa do Estado do Rio de Janeiro. As ondas e as correntes removeram as partículas menores que calhau durante as sucessivas fases de transgressão e regressão marinhas. As praias de matacões foram formadas pelos mesmos processos, mas cobrem menos de 1% da costa rochosa do estado porque precisam das condições certas de geologia, geomorfologia e hidrodinâmica para se desenvolverem. O cluster marinho de blocos é formado no próprio local por blocos residuais que não sofrem transporte, é comum na Baía de Guanabara, mas ocorre também na Baía de Sepetiba e na costa oceânica (Figuras 3, 4, 5, 6 e 7).

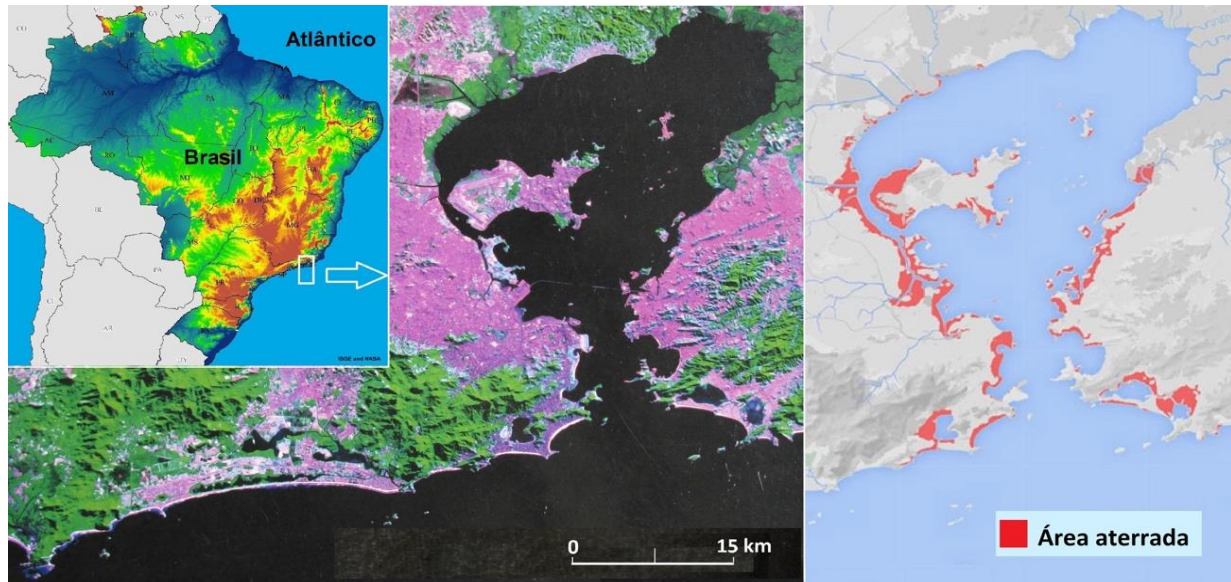
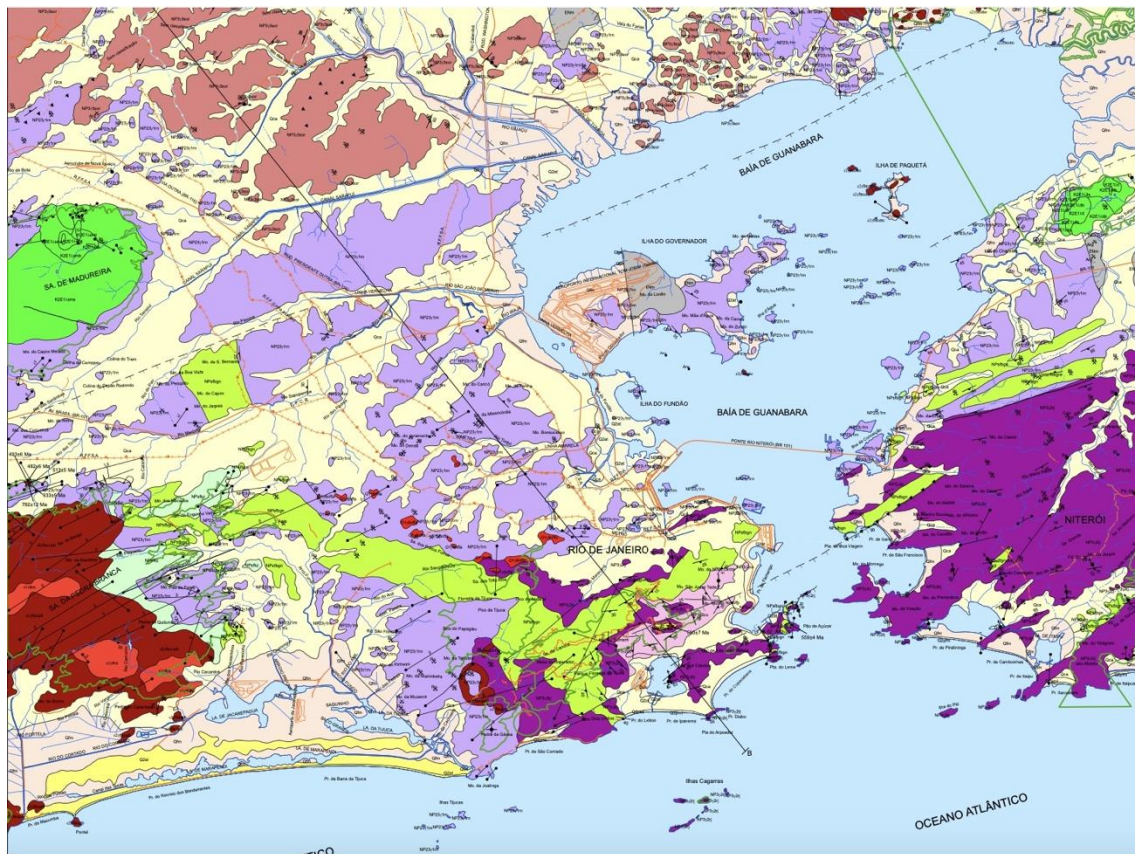


Figura 1. Área de estudo, considerando a costa rochosa Atlântica exposta; e os litorais rochosos semi-expostos e protegidos na área de influência do estuário da Guanabara e na Baía de Sepetiba. O mapa à direita, elaborado por Amador (2013), mostra os aterros construídos na área de influência da Baía de Guanabara. Todavia, na área de estudo os aterros se estendem até a Baía de Sepetiba.



LEGENDA

Q2at	Depósito antropogênico	crj/gr	Biotita tonalitos/granodioritos Rosilha
Qca	Depósito colúvio-aluvionar	NP3/Sur	Ortognaisses graníticos Serra do Órgãos
Qfm	Depósito flúvio-marinho	NP3/01	Biotita ortognaisse ou gnaisse facoidal Rio de Janeiro
Q2pm	Depósitos praias marinhas e/ou lagunares	NP3/200	Leucognaisse Cordeiro
Qzel	Depósitos eólicos litorâneos	NP3/rnB	Biotita-gnaisses graníticos Rio Negro
ENm	Formação Macacu: conglomerado basal com camadas de arenito	NP23/rn	Migmatitos Rio Negro
K2E1uk	Complexos alcalinos: fonolito, nefelina sienito, foyaito, traquito	NP21/rnc	Gnaisses sieníticos Rio Negro
Gr1/Andr	Granito Andorinha	NP3aa	Gnaisses bandados com intercalações de quartzitos Andrelândia
Gr1/Favela	Granito Favela	NP3/fgn	Biotita gnaisses bandados com intercalações de quartzitos São Fidelis
Gr1/Surui	Biotita granito Surui	NP3/kz	Gnaisses kinzigítico com intercalações de quartzitos São Fidelis
Gr1/Pedra Branca	Granito porfirítico Pedra Branca		

Figura 2. Geologia da área de estudo. O recorte foi feito do mapa original da Folha Baía de Guanabara, escala 1:100.000, elaborado pela CPRM (2009). A legenda foi modificada e simplificada da publicação original.



Figura 3. Relevo da área de estudo, composto por morros e montanhas em forma de domo elíptico e pontão, que geram costas convexas e baías rochosas. As tipologias geomorfológicas mais comuns encontradas nas bases são: campo marinho de blocos, costão marinho e falésia. Praia do Forte, Niterói, em 1890. Foto: Marc Ferrez (IMS, 2015).



Figura 4. Costão marinho do Morro da Igrejinha em 1910. Foi coberto por extenso muro e aterro para a construção do Forte de Copacabana. Foto: Marc Ferrez (IMS, 2015).



Figura 5. Praia de matacões na Ponta Sul da Ilha das Cobras, na Baía de Guanabara, em 1880. Foi aterrada na década de 1930. Os matacões grandes imbricados, os matacões pequenos transportados e depositados na retaguarda, e as estruturas que se assemelham a cúspide indicam que é ambiente de praia, segundo Faria (2022a). Nessa época, ondas que podiam chegar a mais de 2 m atingiam a área. O local se tornou protegido porque as ondas passaram a ser bloqueadas pelas sucessivas barreiras de aterros construídas entre 1903 e 1979. Foto: Marc Ferrez (IMS, 2015).

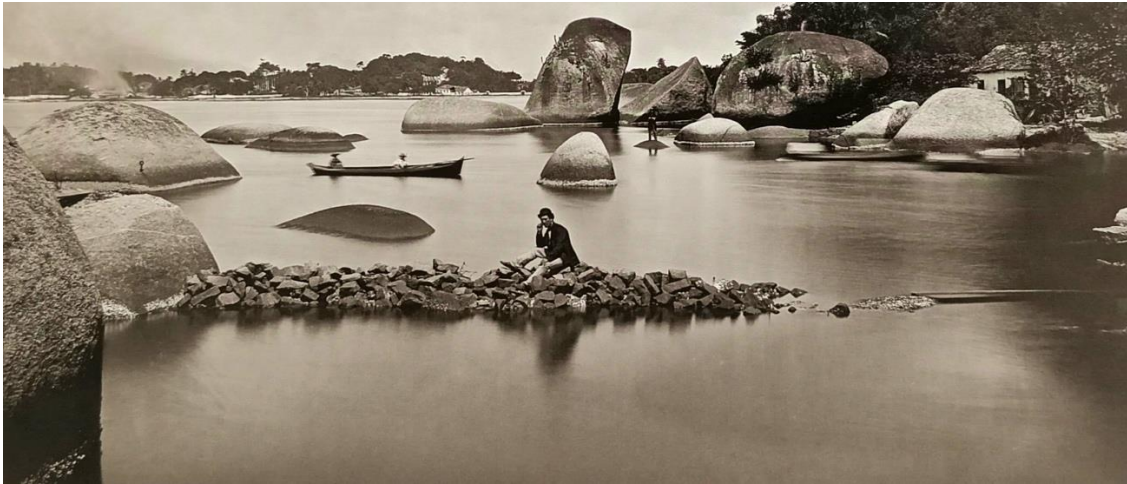


Figura 6. Uma das 10 formações de cluster marinhos de blocos situadas na Ilha de Paquetá, em 1885. Parte dos blocos serviu como fonte de fragmentos de rocha para a construção de casas locais e píeres. Foto: Marc Ferrez (IMS, 2015).

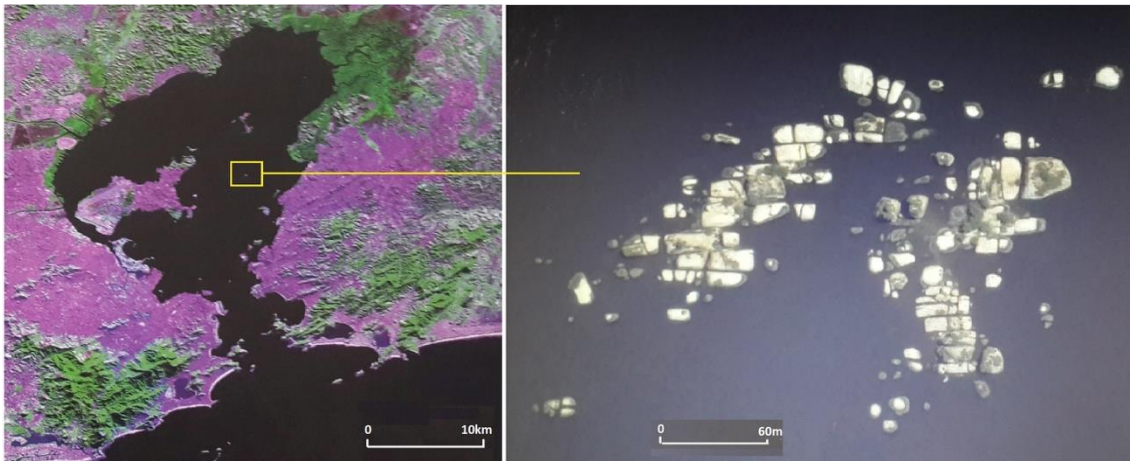


Figura 7. Cluster marinho de blocos que forma a Ilha Tapuamas de Dentro. Os blocos residuais formaram-se no local em estágio final da evolução do relevo e não sofreram transporte. Apenas dentro da Baía de Guanabara foram identificadas 21 formações deste tipo e 6 na Baía de Sepetiba. Outras 7 são encontradas na costa oceânica entre Barra de Guaratiba e Itacoatiara. Imagens: Landsat e Google Earth.

3. Materiais e Métodos

A primeira parte do trabalho quantificou a extensão dos ambientes costeiros rochosos naturais que foram destruídos no Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, desde o início da colonização europeia. As fontes foram fotografias históricas de Marc Ferrez, Luciano Ferrez, Augusto Malta, Augusto Stahl e Aviação Naval; antigas cartas topográficas e náuticas; mapas que apresentavam a linha de costa nos Séculos 18 e 19. As cartas topográficas da Prefeitura do Rio de Janeiro, na escala de 1:5000, serviram de base para delimitar a antiga linha de costa (Figura 8).

Algumas pequenas praias arenosas embutidas entre morros e montanhas (como a Praia da Joatinga e Praia das Flexas) foram consideradas como costa rochosa porque durante as marés altas e/ou ressacas, as ondas atingem as encostas.

Este trabalho considera “ambientes artificiais de costa rochosa” todas as estruturas construídas de concreto e fragmentos de rocha cimentados, que copiam a geomorfologia litorânea rochosa e sua hidrodinâmica. Esta consideração é relevante porque o concreto comum é basicamente uma mistura de componentes rochosos: aproximadamente 50% de rocha triturada (brita), 35% de areia quartzosa e feldspática e 15% de cimento (rocha carbonática). A extensão total de costa rochosa artificial foi calculada usando imagens do Google Earth, as mensurações foram feitas em escalas variadas. Nas áreas complexas, foi utilizada a escala de 1:1.700 para uma melhor visualização e classificação. A base de comparação foram os mesmos mapas e cartas antigas. As

informações obtidas nos mapas antigos e nas imagens de satélite foram calibradas com dados de campo (Figura 9).



Figura 8. A linha vermelha representa o antigo limite dos ambientes de costa rochosa (ambiente marinho extinto), e a linha amarela mostra a linha de costa atual, com os aterros. Imagem do Google Earth e carta topográfica da Prefeitura do Rio de Janeiro.

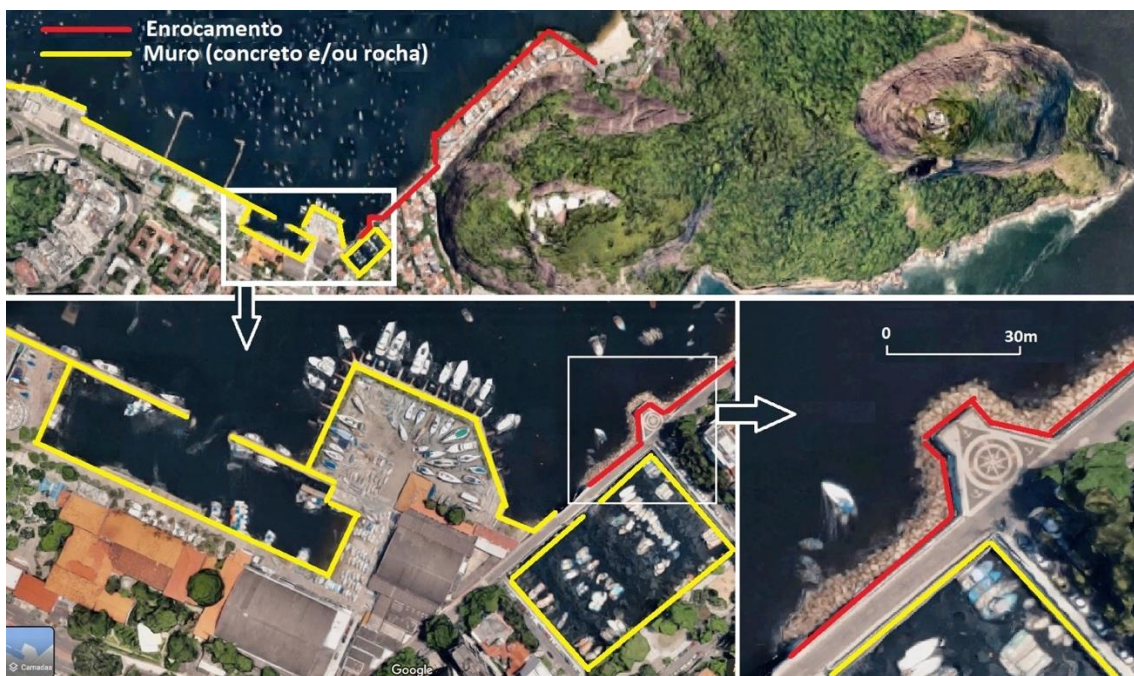


Figura 9. Classificação do tipo de estrutura construída para mensurar a extensão da costa rochosa artificial, utilizando imagens do Google Earth nas escalas 1:1.700, 1:3.900 e 1:17.000.

Foram realizados trabalhos de campo para diagnosticar a litologia, a granulometria e a forma dos fragmentos de rocha usados nos muros e nas estruturas rústicas das edificações históricas que se encontram no litoral, construídos entre os Séculos 17 e 20. O objetivo foi determinar se as fontes eram os ambientes costeiros locais, visando conhecer o impacto sobre a extração de rochas desses ambientes. As mensurações foram realizadas nos seguintes locais, ordenados de Oeste para Leste: Forte de Copacabana, Praia Vermelha, Forte São João, Urca, Praia do Russel, Outeiro da Glória, Praia das Flexas, Forte de Gragoatá e Museu de Arqueologia de Itaipu. O mesmo foi feito nos enrocamentos litorâneos: guia-corrente da Praia da Macumba, quebra-mar da Barra da Tijuca, guia-corrente do Leblon, aterro da Urca, guia-corrente do Flamengo, quebra-mar da Marina da Glória, aterro do Aeroporto Santos Dumont, aterro do km 314 da Niterói-Manilha, aterro de Gragoatá e guia-corrente de Itaipu.

A granulometria e as formas geométricas dos fragmentos de rocha foram estimadas, aplicando o sistema de grade sobre os muros e os enrocamentos, no campo e sobre fotografias, conforme adaptação da técnica descrita por Gordon e Finlayson (2004). Segundo as classificações propostas por Blair e McPherson (1999) e ABNT NBR6502/95, considera-se: calhau (\varnothing 0,06 – 0,2 m); matacão pequeno (\varnothing 0,2 – 0,4 m), matacão médio (\varnothing 0,4 – 0,6

m) e matacão grande (\varnothing 0,6 – 1 m); bloco (maior que \varnothing 1 m). As formas dos matacões e dos blocos, de acordo com Oakey et al. (2005), são: muito angular, angular, subangular, subarredondada, arredondada e bem arredondada (Figura 10).

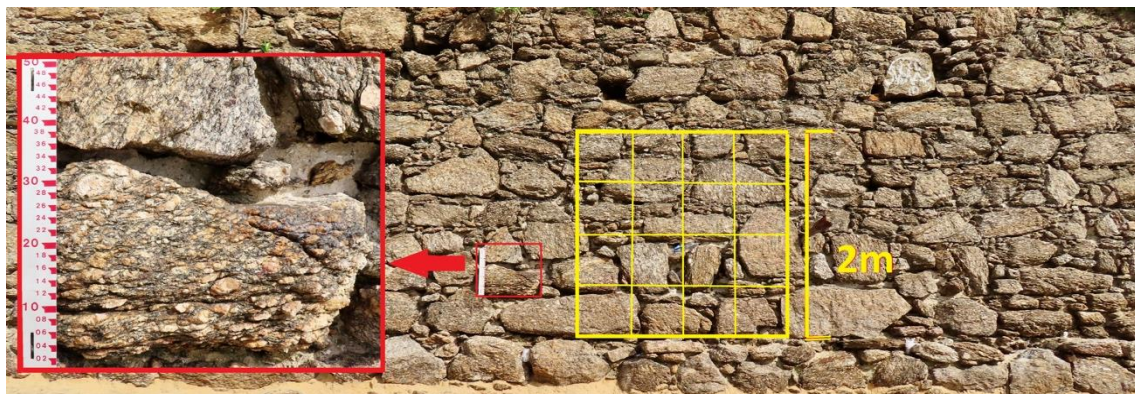


Figura 10. Sistema de grade aplicado no muro da Praia Vermelha. Os quadrados menores em amarelo têm área de 50 x 50 cm. Fotos do autor.

4. Resultados

4.1. Destruição dos ambientes de costa rochosa na área de estudo

As mensurações feitas nas imagens do Google Earth indicam que, desde o início da colonização portuguesa, foram perdidos 45.700 m lineares de ambientes naturais de costa rochosa nos municípios do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, conforme comparações com mapas e cartas topográficas antigas, a partir do ano 1750. Foram aterradas as vertentes marinhas de 52 morros, 32 ilhas e 24 afloramentos rochosos distintos. Antigas encostas rochosas que formavam ambientes marinhos deixaram de existir devido aos aterros, que deslocaram a linha de costa centenas de metros à frente. São exemplos: Morro da Glória, Morro de Gragoatá, Morro da Penha (Niterói), Morro da Saúde, Morro da Urca e Morro da Viúva, entre outros. O mesmo aconteceu com as encostas marinhas de várias ilhas, como: o arquipélago que existia antes da construção da Ilha do Fundão, Ilha das Cobras, Ilha da Conceição, Ilha de Mocanguê e muitas outras. Desapareceram os seguintes tipos de ambientes: baía rochosa com ou sem matacões e blocos; costa rochosa retilínea, convexa e dentada, com perfis de costão, falésia e bancada; laje; campo marinho de blocos; cluster marinho de blocos e praia de matacões (Figuras 11 e 12). Não foi possível calcular com precisão a perda de cada um desses ambientes por causa das dificuldades para estabelecer seus limites. Desta forma, eles foram agregados em três classes: costa retilínea e convexa com costão e falésia; costa com matacões e blocos; e pequenas ilhas rochosas que foram consideradas como ambiente à parte devido a especificidade geográfica (Tabela 1).

Tabela 1. Extensão dos ambientes de costa rochosa destruída.

Tipo de costa rochosa aterrada/destruída	Extensão (m)
Costa retilínea e convexa, com perfis de costão e falésia	8.900
Costa com matacões e blocos	16.800
Pequenas ilhas rochosas	18.000
Total	45.700

As rochas metamórficas e ígneas extraídas dos afloramentos ou coletadas dos depósitos naturais, por causa da dureza e resistência, serviram para construir enrocamentos, muros, casas, edifícios, pontes e para pavimentar as ruas. Até o início do Século 20 os fragmentos de rocha eram uma parte importante na construção de muros e edifícios, a outra parte incluía madeira, tijolo e telha. A demanda era tão elevada que o Centro da Cidade do Rio de Janeiro e os bairros adjacentes chegaram a ter mais de 40 pedreiras comerciais, segundo Almeida e Porto Júnior (2012). Conforme expõem Almeida e Almeida (2012), Niterói também teve um grande número delas, que forneciam, inclusive, para o Rio de Janeiro. Entretanto, o número real de pedreiras era muito maior porque também

tinha as que não eram comerciais para suprir projetos locais dos governos, como as que existiam na Ilha das Cobras para construir o Arsenal de Marinha. Também havia as pedreiras ilegais, como a que existia na Ilha do Catalão, segundo Ramos et al. (2016).

Almeida e Porto Júnior (2012) dissertam que talvez a primeira pedreira foi aberta na Ilha das Enxadas, para extrair fragmentos de rocha para construir o Convento do Carmo, no Centro da Cidade do Rio de Janeiro (continente), no ano de 1619. No entanto, as principais fontes de fragmentos de rocha, até o Século 18, deviam ser os depósitos de tálus na base das encostas, porque neles se encontram soltos calhaus, matacões e blocos. Nas áreas litorâneas eram explorados também os campos marinhos de blocos (CMB), os clusters marinhos de blocos e as praias de matacões. Os CMBs eram muito comuns e se situavam em boa parte da costa rochosa, por exemplo: no litoral das ilhas das Cobras, da Conceição e do Governador; e nas vertentes dos morros do Arpoador, Babilônia, Gragoatá, Palácio, Pão de Açúcar, Urca e Viúva, conforme indicam as análises das fotografias feitas por Augusto Malta, em 1906, publicadas por Ermakoff (2006 e 2009), e Marc Ferrez, em 1890 e publicadas por IMS (2015). Os dados de campo mostram que esses depósitos também estavam presentes em Barra de Guaratiba e Charitas, dentre outros lugares. Também eram explorados os clusters marinhos de blocos, como os que existiam nos seguintes locais: Ilha das Enxadas, entre as 8 pequenas ilhas que foram soldadas para formar a Ilha do Fundão, na antiga Praia do Russel e na Ilha de Paquetá, conforme fotografias de Augusto Staehl e Marc Ferrez tiradas entre 1865 e 1885, e publicadas por Lago (2001) e IMS (2015). O Forte Tamandaré da Laje e o Forte de Gragoatá foram construídos sobre clusters.

A litologia dos calhaus e matacões usados na construção dos muros rústicos das edificações históricas, construídos no litoral entre os Séculos 17 e 20, geralmente mostra que as fontes ficavam próximas (Figura 13). Isso ocorre quando a geologia do embasamento ou da encosta local é a mesma dos calhaus e matacões, conforme indicam os dados coletados na Praia Vermelha, Forte São João, Urca, Praia das Flexas, Forte de Gragoatá e Museu de Arqueologia de Itaipu. No entanto, os muros de algumas construções antigas foram reformados algumas vezes, recebendo rochas diversas, como ocorreu com o Outeiro da Glória, inaugurado em 1739. A construção foi feita sobre um morro de paragnaisse (kinzigito) e nas partes originais ainda tem calhaus e matacões arredondados naturalmente desta mesma rocha, mas encontra-se também outras rochas de fontes distantes. Nos muros rústicos os fragmentos de rocha não eram trabalhados (cortados); depois de coletados, eles eram assentados e cimentados, e por isso, é possível identificar as formas originais de quando foram extraídos dos ambientes naturais. As formas mais comuns são subangular e subarredondada, típicas de ambiente de campo marinho de blocos e praia de matacões, segundo Faria (2022a).

O muro do Forte de Copacabana foi construído em 1914 e recebeu fragmentos de rocha de fontes diversas. Uma parte pode ter sido coletada nos depósitos de tálus das encostas próximas, afastadas dos ambientes marinhos, porque não foram identificados CMB no litoral de Ipanema e Copacabana. Nos muros construídos a partir do início do Século 20 as formas dos fragmentos de rocha geralmente são angular e muito angular, a exemplo do aterro da Urca, finalizado em 1922, porque os blocos foram extraídos dos deslocamentos induzidos da encosta local e depois foram quebrados manualmente.

Essas premissas não podem ser aplicadas nos muros e edifícios feitos de matacões cortados em forma de paralelepípedos, ou outras formas. A litologia pode ser a mesma do embasamento rochoso, mas a fonte pode não ser local porque os matacões eram levados para serem cortados e preparados nas cantarias. A Fortaleza Santa Cruz, por exemplo, foi construída com matacões e blocos de gnaisse facoidal e está assentada sobre um promontório, em Niterói, com o mesmo tipo de rocha, entretanto, os fragmentos de rocha vieram de outra área e não necessariamente do litoral, conforme análise mineralógica e química realizada por Almeida e Almeida (2012).

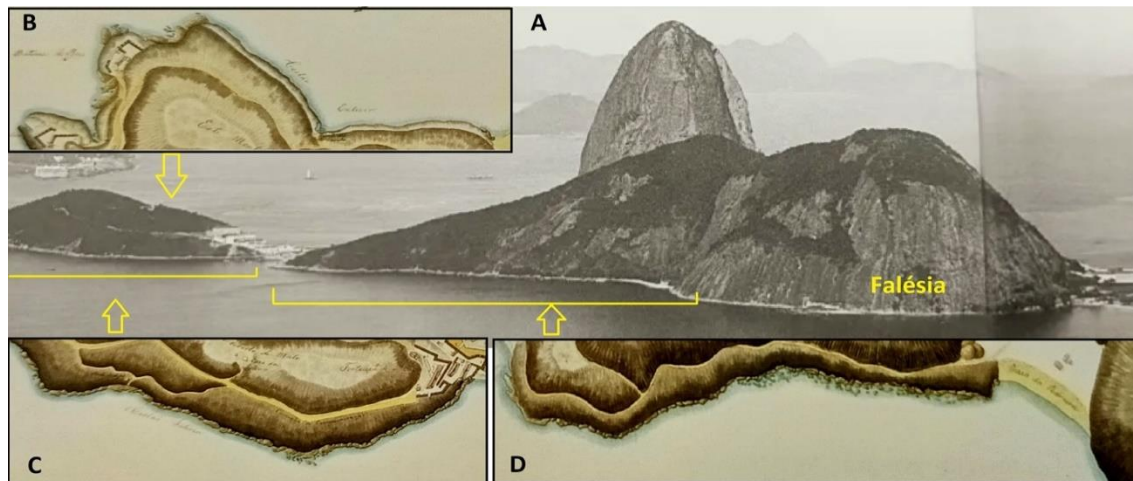


Figura 11. (A) Maciço do Pão de Açúcar em 1910, com o Morro Cara de Cão e o Morro da Urca. A área foi aterrada para formar o bairro da Urca em 1922, deslocando a linha de costa 200 m à frente, cobrindo os CMBs e longa falésia com inclinação acima de 60°. Foto: Marc Ferrez (IMS, 2015). (B) Mapa de 1794 das vertentes S e NE com longo costão e parte da Fortaleza São João. (C) Vertente NW com extenso CMB, que atualmente encontra-se coberto por enrocamento. (D) Vertente NW do Morro da Urca com campo marinho de blocos e o início do trecho de falésia, que foram destruídos e aterrados. Os recortes foram feitos do mapa publicado por [Czajkowski \(2000\)](#). Os trabalhos de campo provaram que as informações do mapa são precisas.

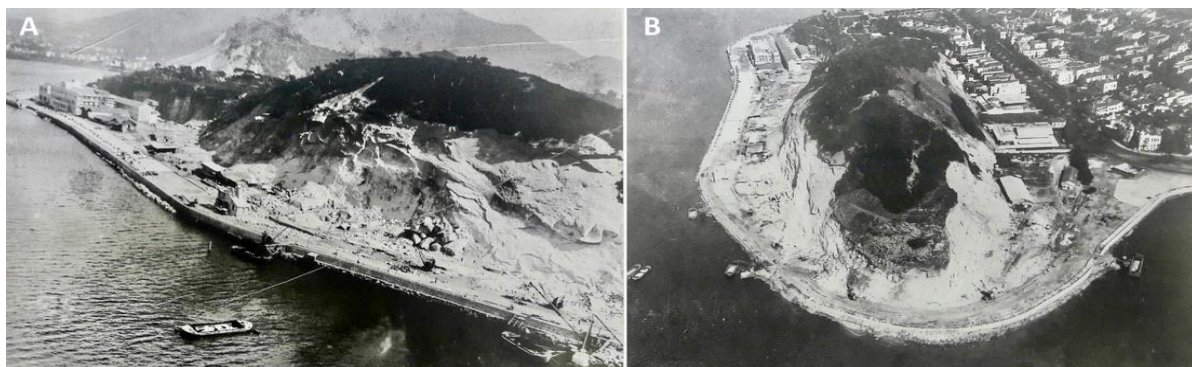


Figura 12. (A e B) Deslocamentos induzidos no Morro da Viúva em 1916, e produção de fragmentos de rocha que destruíram ambientes de costão e CMB. Fotos: Aviação Naval (Vianna, 2001).



Figura 13. Muros rústicos das fortificações militares na Baía de Guanabara, construídos com calhaus e matações coletados no local. (A) Muro do extinto Forte de São Francisco Xavier, construído em 1733 na Ilha de Villegagnon. (B) Forte da Laje, construído em 1730. A parte superior foi restaurada em 1901. (C) Fortaleza de São João, Reduto de São Teodósio. Essa parte foi construída possivelmente em 1618. (D) Muro da Praia Vermelha construído provavelmente em 1767. As idades das construções foram baseadas em [Marenga e Silva \(2015\)](#). As escalas das fotos são variadas. Fotos do autor.

Em 1903, começou o período de maior alteração da geomorfologia da Cidade do Rio de Janeiro, iniciado com a reforma Pereira Passos. Segundo Amador (2013), esse período durou até a década de 1990 e teve diversas fases, com grandes projetos urbanísticos, portuários e industriais, todos construídos sobre grandes áreas aterradas: construção da Avenida Beira Mar, a construção do bairro da Urca, a expansão de vários bairros no Rio de Janeiro e em Niterói, a expansão e criação de portos, a construção dos aeroportos Santos Dumont e Galeão, a construção da Ilha do Fundão, a construção da Ponte Rio-Niterói, a ampliação dos portos, a construção de estaleiros no Rio de Janeiro e em Niterói e a construção das rodovias Linha Vermelha e Niterói-Manilha. Todos estes empreendimentos, dentre outros, fizeram desaparecer diversos ambientes marinhos rochosos e causaram a redução de extensas áreas de ambientes neríticos rasos.

4.2. Estruturas de enrocamento: a base da expansão urbana-portuária sobre os ambientes marinhos

A expansão artificial do litoral é feita utilizando estruturas de engenharia para assentar aterros e alimentação artificial de praias; são conhecidas como “obras de defesa do litoral” e podem ser feitas de muro, paredão e enrocamento. Elas podem receber nomes diferentes de autores diversos em função do tipo de aplicação, de acordo com os trabalhos de Alfredini e Arasaki (2009) e Khampuis (2020). Como o presente trabalho tem orientação geomorfológica, a nomenclatura foi simplificada e adaptada para este viés.

Os enrocamentos são usados em três aplicações distintas nas áreas costeiras, a mais comum é dar suporte aos aterros preenchidos por areias marinhas, solos, regolitos, saprolitos e entulhos, e estancar ou evitar a erosão promovida pelas ondas nos aterros. A segunda aplicação é conhecida como quebra-mar ou molhe, e tem como objetivo bloquear ondas marinhas e criar uma zona de águas calmas. Serve para a construção de marinas e portos, e para proteger áreas residenciais. A última aplicação é conhecida como guia-corrente e serve para bloquear as correntes litorâneas e coibir erosão nas praias, assim como evitar o fechamento da foz dos canais fluviais e dos canais das lagunas pela sedimentação marinha. Na área de estudo eles estão presentes em Sepetiba, na Praia da Macumba, na Barra da Tijuca, no Leblon, no Flamengo, na Rodovia Niterói-Manilha e na Praia de Itaipu.

Foram considerados apenas os enrocamentos “visíveis”, totalizando 26.200 m lineares construídos. Não foram incluídos os enrocamentos que serviram de base para os aterros e muros, porque, estando sob essas estruturas, não são visíveis. Estão incluídos neste total os enrocamentos erguidos à frente dos muros para dar maior proteção contra as ondas. Esse sistema misto funciona da mesma forma que um CMB com falésia na retaguarda.

Nayloor e Stephenson (2016) e Cox e Oboyle (2019) mostram a importância dos depósitos naturais de blocos na proteção da costa contra as ondas. Neste sentido, os enrocamentos costeiros imitam a hidrodinâmica dos campos marinhos de blocos, dos clusters marinhos de blocos e das praias de matacões, porque atuam na absorção da energia das ondas e protegem os ambientes a montante. Por isso, a engenharia passou a copiar essas feições geomorfológicas, conforme expõe Charlier et al. (2005). Ou seja, foram criadas tecnoformas costeiras.

Khampuis (2020) aconselha usar, em áreas com ondas acima de 2 m de altura, blocos angulares e muito angulares (\varnothing maior que 1 m), com peso específico de, no mínimo 2,65 t/m³ cada um, que é a densidade aproximada dos gnaisses e granitos (entre 2,65 e 2,75 g/cm³ ou t/m³). Nos litorais semi-expostos e protegidos os tamanhos podem ser menores, na classe matacão grande (\varnothing 0,6 – 1 m). Isto é, para a construção dos enrocamentos são necessárias grandes quantidades de matacões grandes e blocos.

Praticamente todas as áreas aterradas no Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo tiveram enrocamentos como base (Figuras 14, 15 e 16). A granulometria das áreas estudadas aponta que predomina matacão grande com forma angular e muito angular. No Aterro da Urca é seguro dizer que a fonte dos fragmentos de rocha era a encosta local (gnaisse facoidal). O mesmo vale para o guia-corrente da Praia da Macumba: os matacões de gnaisses e granitos, aparentemente eram rejeitos que vieram das encostas locais, quando abriram a estrada Praia da Macumba - Grumari nos anos 1960. O enrocamento de Gragoatá é constituído de matacões médios e grandes, com litologia única: gnaisse facoidal. Durante a primeira fase da sua construção, no início dos anos 1970, a fonte era o próprio Morro de Gragoatá. No entanto, o engordamento do enrocamento, realizado décadas depois, contou com matacões também de gnaisse facoidal, mas as fontes eram do interior do município. Devido ao fechamento das pedreiras dos bairros adjacentes ao Centro do Rio de Janeiro, todas as fontes de fragmentos de rocha para os enrocamentos posteriores aos anos 1920 eram de fora do município. Nos enrocamentos do Flamengo, Glória, Aeroporto Santos Dumont e Barra da Tijuca, a litologia dos matacões é muito variada: diferentes tipos de granitos, ortognaisses e paragnaisses, gabro, sienito, diabásio e pegmatito. Isso sugere que as fontes eram múltiplas, e provavelmente,

vieram de áreas fora do litoral. Isso mostra que depois da década de 1920, o relevo costeiro do Rio de Janeiro deixou de ser destruído pelas pedreiras como fonte de fragmentos de rocha para construir aterros. Em Niterói, todavia, esta prática só foi interrompida nos anos 1980.

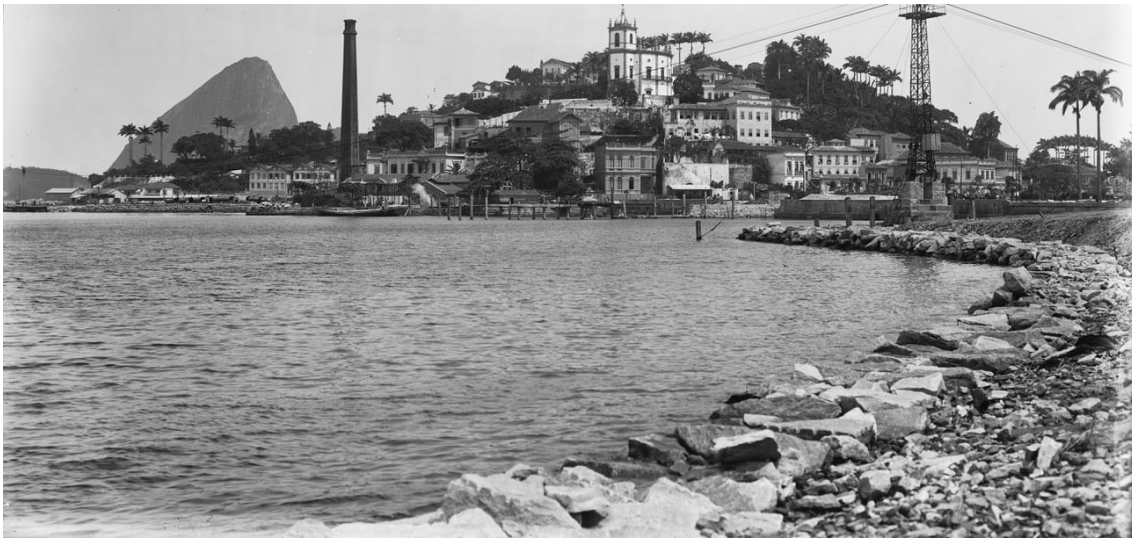


Figura 14. O Morro da Glória e a obra de enrocamento na Praia do Russel e na Praia da Lapa, em 1904, para construir o aterro para assentar a Avenida Beira Mar. Foram consumidos grandes volumes de fragmentos de rocha, cujas fontes principais eram dos costões dos morros próximos: Morro do Catete e Morro do Pasmado, além dos campos marinhos de blocos. O Morro da Glória já havia sido fonte de material para o primeiro aterro construído no Século 19. Foto: Marc Ferrez (Acervo do Instituto Moreira Salles).



Figura 15. Vista do extinto Morro do Castelo no final da década de 1910, com os enrocamentos para formar o aterro dos anos 1920. A expansão do aterro na década de 1940/50 para construir o Aeroporto Santos Dumont se estendeu até a Ilha de Villegagnon. A ilha era antes um arquipélago com uma pequena baía rochosa, costões, CMB e cluster marinho de blocos, que foram aterrados para a construir a Escola Naval, conforme mostram fotografias da época. Foto: Ermakoff (2009).



Figura 16. Na área representada nesta imagem da Baía de Guanabara, que é uma parte da área de estudo, foram construídos aproximadamente 15 km de enrocamento, que equivale a 57% do total construído no Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo. Este dado refere-se apenas às estruturas visíveis que estão na superfície. Imagens: Landsat e Google Earth.

4.3. Estruturas de concreto como tipologias artificiais da geomorfologia costeira rochosa

Na maior parte do litoral dos municípios do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, a geografia da linha de costa foi completamente alterada por estruturas de concreto ou rocha. Para simplificar, neste trabalho essas estruturas são conhecidas pelo termo “muro” e é usado de forma genérica.

Até o ano de 2022, foram construídos em contato com o mar na área de estudo, 68.517 m lineares de muros, bases para píeres, portos, edifícios e pilares de pontes. As mensurações foram feitas usando imagens do Google Earth e calibragem no campo (Tabela 2). Essas estruturas criaram perfis de falésia, que substituem os perfis de bancada, costão e campo marinho de blocos. As marinas e os portos funcionam como pequenas baías rochosas, e quando têm píeres e docas paralelos, se assemelham à costa rochosa dentada. Quanto às ilhas artificiais, neste trabalho foram considerados três tipos: o mais comum é formado por antigas ilhas naturais que tiveram seus litorais expandidos por aterros e retificados com muros de contenção, como é o caso da Ilha das Cobras e da Ilha de Mocanguê (Figuras 17, 18 e 19). Outro tipo são ilhas que foram totalmente construídas artificialmente, como a Ilha do Viana (Renave). O terceiro tipo são pilares dos grandes viadutos, que funcionam como pequenas ilhas rochosas.

Essas estruturas quando estão na zona intermaré, são colonizadas pelas comunidades bentônicas, formando faixas bem definidas de mesolitoral (intermaré) e infralitoral (abaixo da linha de maré baixa), da mesma forma que ocorre nos costões e nas falésias naturais, de acordo com Zalmon e Masi (2008). A Ponte Rio-Niterói, como exemplo, possui aproximadamente 70 pilares na água, e cada um forma uma ilha (Figura 20). Os muros de contenção dos aterros e os que formam barreiras contra as ondas se espalham por 68.517 m, sendo que aproximadamente 60.000 m ficam permanentemente dentro da água. Todas estas estruturas são colonizadas por muitas espécies marinhas, assemelhando-se às falésias e aos costões.

Tabela 2. Extensão dos ambientes artificiais de costa rochosa construída.

Ambiente marinho construído (artificial)	(m)	(%)
Enrocamento exposto ou aparente	26.200	(Matações e blocos) 25
Muro de contenção de rocha ou concreto	30.500	(Muros) 75
Porto e marina com estrutura de muro	21.300	
Docas e píeres paralelos dos portos e estaleiros	6.940	
Ilhas artificiais e pilares de viadutos	9.777	
Total	94.717	100



Figura 17. Construção do Porto do Rio de Janeiro em 1906, trecho do bairro da Gamboa. Primeiro foram construídos longos espigões de enrocamento, e sobre eles foi erguido este espesso muro de matações rochosos cortados em forma de paralelepípedo. O muro serviu de barragem para o aterro que foi preenchido, primeiro, com areia marinha, que serviu para aprofundar o leito para o porto. Posteriormente recebeu material do desmonte dos morros e entulho. Foto: Marc Ferrez (Pinheiro e Rabha, 2004).



Figura 18. (A) Planta do centro da Cidade do Rio de Janeiro no Século 18. (B) Planta atual da Cidade, com o desenho aproximado de onde se encontravam os ambientes de costão, falésia, baía rochosa, CMB, cluster marinho de blocos, laje, praia de matações e pequenas praias arenosas embutidas entre costões. Ao longo dos Séculos 19 e 20 esses limites da costa rochosa foram muito reduzidos devido à extração de fragmentos de rocha nas pedreiras instaladas praticamente em toda a extensão. Plantas publicadas por Czajkowski (2000) e modificadas pelo presente autor.

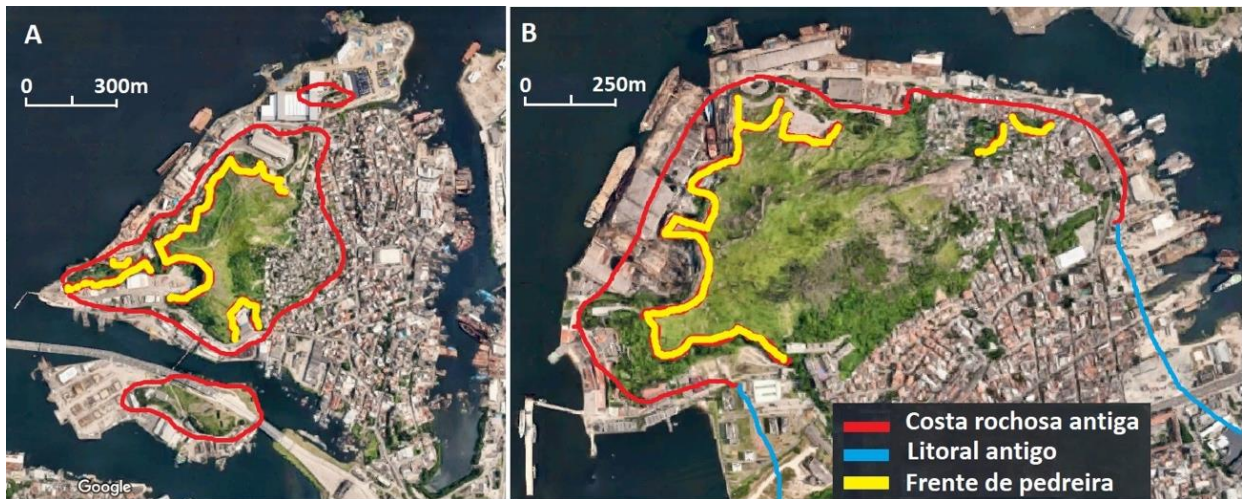


Figura 19. A Ilha da Conceição (A) e o Morro da Penha (B), em Niterói, tiveram os litorais severamente alterados, incluindo o relevo local, como mostra o número e a extensão das frentes de pedreiras inativas, de acordo com as cicatrizes observadas nas imagens do Google Earth e observações de campo. Parte dos fragmentos de rocha dessas pedreiras alimentaram as obras de expansão locais, e a outra parte serviu para as construções no Rio de Janeiro, inclusive a Ponte Rio-Niterói (A). A linha litorânea avançou devido aos aterros e à construção de estaleiros, docas e píeres. A geografia costeira, que antes era de costa rochosa convexa natural, passou a ser de costa artificial retilínea e dentada. Situação idêntica ocorreu em outras partes da área estudada. A linha relativa ao litoral antigo foi baseada em Amador (2013).



Figura 20. A ponte Rio-Niterói tem dentro da água 70 pilares e 28 estruturas cilíndricas de concreto. No total, esses pilares formam um arquipélago com área de incrustação para as espécies marinhas superior a 40.000 m². Foto do autor.

5. Discussão

É provável que a maior parte dos campos marinhos de blocos, clusters marinhos de blocos e praias de matacões, como fontes de fragmentos de rocha, já deviam ter sido exauridas no Século 19, antes dos aterros. Essa dedução foi baseada nos resultados de análises de fotografias dos muros e edifícios dos Séculos 18 e 19; em mensurações feitas nas construções preservadas dessa época, e no fato de que surgiram várias dezenas de pedreiras comerciais, não-comerciais e ilegais a partir da primeira década de 1900. Os mapas e as plantas do Rio de Janeiro do Século 18 já registravam muito bem os CMBs e os clusters marinhos de blocos. Apenas a construção dos muros rústicos que dividiam as propriedades absorvia grande quantidade de matacões. Algumas praias arenosas atuais, embutidas entre morros e montanhas da área de estudo, tinham antes grandes concentrações de matacões e blocos, como a Praia da Urca e a Praia Vermelha.

Os sucessivos enrocamentos para formar os aterros consumiram quantidades inimagináveis de matacões e blocos. De acordo com as mensurações, foram construídos 26.200 m lineares de enrocamentos visíveis (no campo e nas imagens de satélite). No entanto, a extensão total é muito maior, já que novos aterros foram construídos, cobrindo os enrocamentos mais antigos. Somente no trecho entre os bairros de Botafogo e Centro da Cidade foram feitas 3 expansões sucessivas de aterros litorâneos, nas décadas de 1900, 1920 e 1940. No trecho entre os bairros do Caju e Penha, foram feitos dois aterros sucessivos conforme descrevem Abreu (2005) e Amador (2013). O mesmo ocorreu na área central de Niterói, entre Ponta D'areia e Praia da Boa Viagem, segundo Almeida e Almeida (2012). As bases dos muros eram formadas por enrocamentos e os próprios muros eram construídos de matacões cortados, encaixados e cimentados. Assim, todos os muros que servem para contenção de aterros, portos, marinas, docas e ilhas artificiais também precisaram de enormes quantidades de matacões e blocos. O total de muros presentes atualmente é de 68.517 m lineares, porém, linhas antigas de muros foram destruídas ou soterradas por expansões de aterros. É difícil calcular o comprimento total de enrocamentos e muros construídos, e mais difícil ainda é calcular o volume total de rocha utilizada. Com a proibição de pedreiras nas áreas urbanas depois da década de 1920, a maior parte desses recursos era oriunda de fora do Rio de Janeiro, como pode ser visto na variedade de rochas dos enrocamentos construídos posteriormente. O mesmo ocorreu em Niterói algumas décadas depois.

As argumentações acima reforçam a premissa de que muitos campos marinhos de blocos, clusters marinhos de blocos e praias de matacões foram praticamente exauridos pela retirada de calhaus, matacões e blocos, antes de serem aterrados, totalizando uma perda de 16.800 m. Entretanto, foram construídos 26.200 m de enrocamento que, teoricamente, poderiam substituir essas tipologias geomorfológicas naturais. No entanto, faltam estudos comparativos para saber, por exemplo, se as mesmas espécies marinhas se mantiveram com essas substituições, e se a hidrodinâmica e a resistência dos enrocamentos são compatíveis as encontradas nos ambientes rochosos naturais.

Na área estudada foram criados 94.717 m de estruturas artificiais em contato com o mar, em contrapartida foram destruídos 45.700 m lineares de ambientes naturais de costa rochosa. Considerando as outras cidades litorâneas com costa rochosa em Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Pernambuco, o total construído com essas estruturas pode ser bem superior a mil quilômetros, e a extensão linear de ambientes de costa rochosa destruída pode ser aproximadamente a metade deste comprimento, considerando os dados obtidos neste trabalho.

Em se tratando de relevo tecnogênico ou antropogênico, as tecnoformas substituíram tipologias naturais da geomorfologia de costa rochosa: muros substituíram costões e falésias; enrocamentos substituíram campos marinhos de blocos e clusters marinhos de blocos; guia-correntes e quebra-mares tomaram o lugar de pontas; marinas e portos funcionam como pequenas baías rochosas. Essas morfologias tecnogênicas retificaram a maior parte do litoral transformando-o em costa rochosa artificial e devem ter alterado os padrões de circulação das correntes marinhas e o transporte de sedimentos.

Cada tipo de geomorfologia costeira proporciona hidrodinâmica distinta e gera nível de risco diferenciado para o uso e ocupação humana, considerando a altura das ondas oceânicas, a exposição do litoral e a pluviosidade. Entretanto, a expansão urbana em ritmo acelerado e a falta de conhecimento sobre dinâmica dos ambientes de costa rochosa levou às ocupações equivocadas, ao colapso de estruturas de engenharia e até às catástrofes que se tornaram difíceis de serem evitadas. Neste sentido, Faria (2022b) propõem a criação de uma faixa de segurança de no mínimo 30 m acima do limite superior dos costões, falésias e CMBs, que geralmente são delimitados pela linha de vegetação. Essa faixa também serve como área de preservação ambiental, em situação análoga às faixas de vegetação nas margens fluviais. Isso é importante porque a costa rochosa tem sido vista, de forma geral, como ambiente "inerte". Todavia, nas bancadas, costões, falésias, campos marinhos de blocos, clusters marinhos de blocos e lajes, vivem centenas de espécies marinhas incrustadas e outras tantas que dependem dessas para sobreviverem, como peixes, crustáceos variados, pássaros, etc., conforme apontam inúmeros trabalhos que versam sobre ecologia de costão. Enfim, é um enorme ecossistema que não tem tido sua importância reconhecida, entretanto, a sua redução afeta também outros ecossistemas marinhos.

6. Conclusão

A intensidade das alterações causadas na geomorfologia do litoral do Rio de Janeiro, Niterói e São Gonçalo, a partir de meados do Século 19, coincide com o início do Antropoceno no Brasil, quando morros foram destruídos e foram criadas extensas áreas de aterros, ou solo antropogênico.

Os resultados indicam que 45,7 km lineares de ambientes naturais de costa rochosa foram destruídos, incluindo 16,8 km de ambientes marinhos com matações e blocos, 8,9 km de pequenas baías rochosas, costa retilínea e convexa com perfis de costão e falésia, e pequenas ilhas rochosas, com perímetro total de 18 km.

Esses ambientes rochosos naturais foram substituídos por estruturas artificiais que retificaram o litoral, e a construção de estaleiros, portos e marinas criou costa dentada e baías com estruturas de concreto. Essas obras substituíram os perfis de costão (15 - 45°) e campo marinho de blocos por falésias artificiais, com inclinações entre 60° e 90°. Do total de 94,7 km lineares de estruturas construídas, 26,2 km são enrocamento que servem de contenção para aterros, guia-correntes e quebra-mares. Essas estruturas imitam as funções do campo marinho de blocos, cluster marinho de blocos e praia de matações, em termos ambientais e hidrodinâmicos. Muros e alicerces para viadutos e edifícios totalizam 68,5 km, e podem ser considerados como falésias artificiais. Resta saber se a eficiência destas estruturas na proteção da costa é a mesma que as formas rochosas naturais.

Financiamento: Esta pesquisa não teve nenhum financiamento externo, todos os gastos foram cobertos com recursos do próprio autor.

Conflito de Interesse: O autor declara não haver conflito de interesse.

Referências

1. ABREU, M.A. **Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. Instituto Pereira Passos, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. 2010, 294p. ISBN: 9788587649072
2. AB`SÁBER, A.N. **Litoral do Brasil**. Metalivros, São Paulo. 2001. 288p. ISBN: 8585371358
3. ALFREDINI, P.; ARASAKI, E. **Obras e Gestão de Portos e Costas: A Técnica Aliada ao Enfoque Logístico e Ambiental**. Editora Blucher, São Paulo. 2009. 804p. ISBN: 9788521204862
4. ALMEIDA, S.; ALMEIDA, C.M. Fortaleza de Santa Cruz: patrimônio histórico e geológico de Niterói, RJ. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v.35, n. 1, p. 222 – 235, 2012. DOI - 10.11137/2012_1_222_235
5. ALMEIDA, S.; PORTO JÚNIOR, R. Cantarias e pedreiras históricas do Rio de Janeiro: instrumentos potenciais de divulgação das Ciências Geológicas. **Terrae Didática**, v.8, n. 1, p. 3-23, 2012. ISSN 1980-4407
6. AMADOR, E.S. **Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza**. Interciência, Rio de Janeiro, 2013. 539p. ISBN: 9788571932616
7. BLAIR, T.C.; McPHERSON, J.G. Grain-size and textural classification of coarse sedimentary particles. **Journal of Sedimentary Research**, v.69, n. 1, p. 6-19, 1999. DOI: 10.2110/jsr.69.6.
8. BRANDOLINI, P.; FACCINI, F. Urban geomorphology in coastal environment: man-made morphological changes in a seaside tourist resort. **Quaestiones Geographicae**, v.36, n. 3, p. 36-52, 2017. DOI: 10.1515/quageo-2017-0027 ISSN 0137-477X
9. CHARLIER, R.H; CHAINEAUX, M.C.P.; MORCOS, S. Panorama of the history of coastal protection. **Journal of Coastal Research**, v. 21, n. 1, p. 79-111, 2005. <https://www.jstor.org/stable/4299393>
10. COX, R; OBOYLE, L. Imbricated coastal boulder deposits are formed by storm waves, and can preserve a long-term storminess record. **Scientific Report**, v. 9, n.1, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-47254-w
11. CPRM Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico da Folha Baía de Guanabara 1:100.000**. 2009.
12. CZAJLKAOWSKI, J. **Do Cosmógrafo ao Satélite: Mapas da Cidade do Rio de Janeiro**. Centro de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro, 2000. 136p.
13. ERMAKOFF, G. **Rio de Janeiro: 1900 - 1930**. Casa Editorial G. Ermakoff, Rio de Janeiro, 2003. 242p. ISBN: 978-8598815343
14. ERMAKOFF, G. **Rio de Janeiro: 1840 - 1900 – Uma crônica fotográfica**. Casa Editorial G. Ermakoff, Rio de Janeiro, 2006. 258p. G. ISBN: 978-8598815053
15. ERMAKOFF, G. **Augusto Malta e o Rio de Janeiro: 1903 - 1936**. Casa Editorial G. Ermakoff, Rio de Janeiro, 2009. 284p. ISBN: 9788598815121
16. FARIA, A.P. Praias de matações, praias de blocos e campos marinhos de blocos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.3, n. 4, p. 1775-1791, 2022a. DOI: 10.20502/rbg.v23i4.1785
17. FARIA, A.P. Critérios geomorfológicos e hidrodinâmicos para definir zonas de segurança na costa rochosa brasileira. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.45, p. 1-15, 2022b. DOI: 10.11137/1982-3908_45_41724

18. FARIA, A.P. Dinâmica geomorfológica da costa rochosa do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, p. 189-206, 2018. DOI: 10.20502/rbg.
19. GILL, R. **Rochas e Processos Ígneos: Um Guia Prático**. Bookman, P. Alegre, 2014. 427 p. ISBN: 9788582601839
20. GORDON, N.D.; FINLAYSON, B.L. **Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists**. Willey, London, 2004. 448 p. ISBN: 978-0-470-84358-1
21. KHAMPUIS, W.L. **Introduction to Coastal Engineering and Management**. World Scientific Publishing. London, 2020. 544 p. ISBN 9811207992
22. IMS. Instituto Moreira Salles. **Marc Ferrez: Rio**. Edit. Steidl, Alemanha, 2015. 263p. ISBN 9788583460190
23. LAGO, B.C. **Augusto Stahl**. Editora Capivara, Rio de Janeiro, 2001. 251 p. ISBN 8586011487
24. LINS-DE-BARROS, F.M.; KLUMB-OLIVEIRA, L.; LIMA, R.F. Avaliação histórica da ocorrência de ressacas marinhas e danos associados entre os anos de 1979 e 2013 no litoral do estado do Rio de Janeiro. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v. 18, n.2, p. 85-102, 2018. DOI: 10.5894/rgci-n146
25. MARENGA, R.C.; SILVA, L.F. A influência das fortificações militares na expansão urbana da cidade do Rio de Janeiro sob a ótica da cartografia histórica. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.67, n. 4, p. 851-866, 2015. ISSN: 1808-0936
26. MANSUR, K.L.; CARVALHO, I. S.; BARROSO, E.V. O gnaiss facoidal: a mais carioca das rochas. **Anuário do Instituto de Geociência**, v. 31, n. 2, p. 9-22, 2008. ISSN: 0101-9759
27. MORI, V.H.; LEMOS, C.A.C; CASTRO, A.H.F. **Arquitetura Militar: Um Panorama Histórico a Partir do Porto de Santos**. Fundação Cultural Exército Brasileiro, São Paulo, 2003. 231 p.
28. NAYLOOR, L.A.; STEPHENSON, W.N. Geomorphological control on boulder transport and coastal erosion before, during and after an extreme extra-tropical cyclone. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 41, n. 5, p. 685 – 700, 2016. DOI: 10.1002/esp.3900
29. OAKEY, R.J.; GREEN, M.; CARLING, P. Grain-shape analysis a new method for determining representative particle shapes for populations of natural grains. **Journal of Sedimentary Research**, v. 75, n. 6, p. 1065-1073, 2005. DOI: 10.2110/jsr.2005.079
30. PEIXOTO, M.N.O; OLIVEIRA, A.M.S.; PELOGGIA, A.U.G.; FELIPPE, M.F. Miguel; NOLASCO, M. C.; MOURA, N. S. V.; SILVA, T.M.; GOUVEIA, C.M.C. Proposta de classificação geomorfológica do relevo tecnogênico. **XVIII Congresso da Abequa**. <https://www.abequa.org.br/>. Bahia, 2022.
31. PELOGGIA, A.U.G.; OLIVEIRA, A.M.S.; OLIVEIRA, A.A.; SILVA, E.C.N.; NUNES, J.O.R. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. **Quaternary and Environmental Geosciences**, v. 5, n. 1, p. 28-40, 2014.
32. PINHEIRO, A.I.F. ; RABHA, N.M.C.E. **Porto do Rio de Janeiro: Construindo a Modernidade**. Estúdio Andrea Jakobsson, Rio de Janeiro, 2004. 155 p. ISBN858874211X
33. PMRJ. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. **Mapeamento Geológico-Geotécnico da Cidade do Rio de Janeiro**. Secretaria de Obras e Serviços Públicos. Carta 1:10.000. 1997.
34. RAMOS, R.R.C; VIEIRA FILHO, C.L.A; MANSUR, K.L. Pedreira da Ilha do Catalão: registro completo de uma mineração esquecida na Baía de Guanabara (RJ). **Geonomos**, v.24, n. 2, p. 140-152, 2016. DOI: 10.18285/geonomos.v24i2.857
35. THORNBUSH, M.; ALLEN, C. **Urban Geomorphology Landforms and Processes in Cities**, 2018. 324 p. eBook ISBN: 9780128119525
36. VIANNA, L.F. **Rio de Janeiro: Imagens da Aviação Naval 1916-1923**. Editora Paz & Terra, Rio de Janeiro, 2012. 120 p. ISBN: 978-8588763012
37. ZALMON, I. & MASI, B.; Zonation of intertidal benthic communities on breakwaters of different hydrodynamics in the north coast of the state of Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, p. 662-673, 2008. ISSN: 0101-8175



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.