# MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTA NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

MACHADO, Alexandre Xavier1, MENDES, Luiz Carlos2,

[1]Universidade Federal Fluminense, aluno de doutorado, M. Sc. e-mail: alexandre.georio@gmail.com
[2] Universidade Federal Fluminense, Professor, D. Sc. , e-mail: lcarlos@predialnet.com.br

## RESUMO

A cidade do Rio de Janeiro é conhecida mundialmente por suas belezas naturais e caracterizada principalmente por sua geomorfologia particular dominada por três conjuntos principais de elevações de rochas gnáissicas, graníticas e alcalinas que formam os maciços da Tijuca, da Pedra Branca e do Gericinó-Mendanha. A partir da década de 1960, o município, então estado da Guanabara, iniciou sua política de monitoramento e conservação de encostas com a criação da Geo-Rio, e desde então foram realizadas mais de 2000 obras de contenção de encosta. Ao longo do tempo, essas estruturas de concreto passaram a passar por processo de deterioração, principalmente devido à penetração de agentes agressivos como cloretos e gás carbônico, além do ácido sulfúrico oriundo do esgotamento sanitário das comunidades, levando a um quadro diversificado de manifestações patológicas. Sabendo-se que aproximadamente 25% das obras de contenção de encosta da cidade estão com mais de 30 anos de execução, faz-se necessário um plano de manutenção que se inicia pela programação de inspeção, diagnóstico e prognóstico para os problemas estruturais desenvolvidos ao longo do tempo. Os resultados deste trabalho mostram quais são as principais manifestações patológicas que ocorrem em obras de contenção de encosta na cidade do Rio de Janeiro.
.

**Palavras chave:** Encosta; Concreto armado, Patologia.

## ABSTRACT

The city of Rio de Janeiro is known worldwide for its natural beauty and is mainly characterized by its particular geomorphology dominated by three major sets of elevations “gnáissicas”, granitic and alkaline rocks forming the massifs of Tijuca, Pedra Branca and Gericinó - Mendanha . From the 1960s , the city, then the state of Guanabara, began his political monitoring and conservation of slopes with the creation of Geo-Rio and, since then, over 2000 efforts of contention slope were performed. Over time, these concrete structures began to go through the process of deterioration , mainly due to the penetration of aggressive agents such as chlorides and carbon dioxide in addition to sulfuric acid coming from the “sewage” of these slums, leading to a diverse pathological manifestations. Knowing that about 25% of the efforts of contention hillside town are being implemented by over 30 years, it is necessary a maintenance plan that begins with the inspection , diagnosis and prognosis programming for structural problems developed along time. The results of this work show what are the main pathological manifestations that occur in containment works hillside in the city of Rio de Janeiro.
.

**Keywords:** Slope, Reinforced Concrete, Pathology.

# 1. INTRODUÇÃO

A política de intervenções de mitigação de riscos nas encostas da cidade do Rio de Janeiro é desenvolvida há mais de 40 anos desde a criação, pelo então estado da Guanabara, da fundação Geo-Rio. Neste período foram executadas intervenções de caráter urgente e preventivo, em diversos pontos da cidade e com diversas soluções geotécnicas como Cortinas Ancoradas, Muros de Flexão, Barreiras de Impacto, Biomantas, etc.

Com o passar dos anos, as configurações de implementação dessas obras de contenção foram modificadas principalmente pela ocupação irregular no entorno que, além de provocar modificação nos valores de empuxo devido ao acréscimo de sobrecarga dos taludes arrimados, modificam a composição química dos aterros com o incremento de agentes agressivos ao concreto, como o ácido sulfúrico proveniente do esgotamento sanitário destes imóveis.

No caso das cortinas ancoradas, existe a peculiaridade de possuírem uma necessidade de verificação de carga dos tirantes injetados que compõem o projeto de contenção, fazendo parte da estabilidade global desta estrutura.

Com o intuito de estabelecer diretrizes de manutenção de obras de contenção de encosta, em especial as de concreto armado, como as cortinas ancoradas, foram realizadas vistorias entre os anos de 2010 e 2013 para a realização de serviços de manutenção e recuperação estrutural, dando destaque aquelas com idades superiores a 30 anos, pois as mesmas tendem a ter maior incidência de manifestações patológicas.

O levantamento apontou que aproximadamente 95% das estruturas apresentam algum tipo de patologia na superfície da estrutura de concreto armado. Vários são os fatores que contribuem para o surgimento dessas patologias, que vão desde a sua localização próxima ao mar, onde sofre o ataque de cloretos, a problemas de execução como a presença de nichos. Porém, esta patologia estrutural foi constatada em apenas 5% das obras vistoriadas.

A característica geométrica da obra de contenção de encosta que consiste em grandes panos de paredes verticais com poucas reentranças que provocam acúmulo de água e micro-clima agressivo a estrutura, foi constatada somente nas cabeças de proteção do tirante que se apresentaram com perda de material de revestimento parcial ou total em todas as obras de contenção em cortina ancorada vistoriadas.

Faz-se necessário um planejamento de intervenções de manutenção e recuperação estrutural que proporcione a estrutura se adequar a sua nova configuração de estabilidade estrutural, drenagem e acessos no entorno destas obras, que inclui além dos serviços e materiais típicos de recuperação, remanejamento de esgotamento sanitário das ocupações, construção de

acessos, limpeza de canaletas de drenagem e construção de obras de contenção como concreto projetado para, por exemplo, proteger a fundação da cortina ancorada.

# 2. CARACTERIZAÇÃO DAS ENCOSTAS

## 2.1 A geomorfologia das encostas

A cidade do Rio de Janeiro, com uma população com cerca de seis milhões de pessoas e uma área aproximada de 1.250 km$^2$, é conhecida mundialmente por suas belezas naturais e caracterizada principalmente por sua geomorfologia particular composta por maciços montanhosos, recobertos por vegetação da mata atlântica e próximos com o mar.

O relevo da cidade, que é uma continuação de toda uma paisagem orográfica do estado, representada pela Serra do Mar e pela Baixada Fluminense, é dominado por três conjuntos principais de elevações de rochas gnáissicas, graníticas e alcalinas que formam os maciços da Tijuca, da Pedra Branca e o de Gericinó-Mendanha.

Os maciços subdividem o município em quatro macro-bacias de drenagem (zona sul, zona norte e centro, Barra e Jacarepaguá e zona oeste), cujas áreas de planície emergem morros agrupados ou isolados. As regiões da zona sul, norte e centro apresentam maior densidade ocupacional, particularmente em relação à existência de comunidades carentes (favelas) desenvolvidas nas encostas.

Entre os maciços, estão áreas de baixada ou planície litorânea e colinas relacionadas de grande densidade populacional, sendo as principais as de Inhaúma, Irajá, Bangu, Campo Grande, Jacarepaguá, Guaratiba e Santa Cruz, que apresentam inúmeros morros isolados. Já o litoral, que tem uma extensão de 197 km, apresenta-se formado por costas altas, de rochas cristalinas e escarpas de costas baixas com restingas e praias, formadas por sedimentos.

A rede hidrográfica é representada por numerosos e pequenos cursos d'água que se formam nos maciços e vão em direção às baixadas; posteriormente se dirigindo para a baía de Guanabara, oceano Atlântico, as lagoas (Rodrigo de Freitas, Tijuca, Camorim, Jacarepaguá, Marapendi e Lagoinha), que estão na zona sul e nas baixadas de Jacarepaguá e baía de Sepetiba.

## 2.2 O processo erosivo das encostas

Nas encostas dos maciços e morros da cidade, é comum que o material desagregado da rocha, devido ao intemperismo da rocha matriz, sofra uma ação contínua da gravidade.

A rocha que não sofreu intemperismo se torna resistente a essa ação constante, o que não ocorre com o material desagregado, que é mais suscetível à gravidade. Quando ocorre movimento desses materiais em direção a partes mais baixas de um maciço, dá-se o nome de movimento de massa.

Os movimentos de massa têm importância como agentes atuantes na evolução das encostas e pelas implicações econômicas sociais resultantes dos processos de risco.

O material que é retirado do topo da montanha é removido a partes mais baixas. Esse movimento pode ser rápido ou devagar (sutil), dependendo das condicionantes da formação das encostas.

A água das chuvas é o principal fator de erosão e intemperismo nas encostas, assim como dos movimentos de massa. A erosão pluvial provoca desde uma erosão na escala de partículas, a uma escala de encosta ( ravinas e voçorocas). As ravinas e as voçorocas contribuem muito para o movimento de massa nas encostas, devido a um escoamento superficial em lençol que ao longo do tempo da chuva se concentra em filetes de água, formando sulcos, que são chamados de ravinas, que no decorrer do tempo e com a ajuda do escoamento subsuperficial que chegando ao lençol freático, provoca a voçoroca.

Um estudo da climatologia preliminar da precipitação no município do Rio de Janeiro foi realizado por DERECZYNSKI e outros (2009), com base em dados coletados na rede de 30 postos pluviométricos da Fundação Geo-Rio num período de 10 anos. Pode-se, na época, observar que a distribuição espacial do total pluviométrico anual médio mostra que os máximos concentram-se junto aos três maciços existentes na cidade. Na serra da Carioca ou maciço da Tijuca foram 2200 mm, na serra do Mendanha ou maciço de Gericinó foram 1400 mm e por fim, na serra geral de Guaratiba ou Pedra Branca foram 1200 mm de preciptação.

Esses valores reduzem-se em direção às planícies, sendo um mínimo de 900 mm que foram observados na zona norte da cidade. A análise dos eventos de chuvas intensas indicou que 77% dos 160 casos selecionados foram provocados por sistemas frontais, que ocorrem durante todo o ano, com menor frequência no inverno. Portanto, as encostas da cidade estão mais susceptíveis a ocorrência de acidentes geotécnicos devido às chuvas que o restante da cidade.

Apesar da grande influência das chuvas nos movimentos de massa, são diversas as variáveis que determinam se uma encosta é estável ou instável: o ângulo de repouso, a natureza do material na encosta, a quantidade de água infiltrada nos materiais, a inclinação da encosta e a presença de vegetação com raízes que enrijecem o solo. Esses fatores são condicionantes e poderão informar através de observação e monitoramento se a encosta tem risco de sofrer movimento ou não.

Apesar de ser o fator mais conhecido, nem sempre a água é o fator detonador do movimento de massa. Nele ocorre um movimento coletivo do solo e/ou rocha, onde a gravidade/declividade possui um papel significativo. Sabendo-se que a água contribui para que o movimento de massa se torne mais avassalador, ela não é necessariamente o principal agente desse processo.

Existem três tipos básicos de movimentos de massa. O primeiro, a corrida, possui movimentos rápidos onde os materiais se comportam como fluidos altamente viscosos, estão associadas com a grande concentração de água superficial. O segundo, são os escorregamentos que se caracterizam como movimentos rápidos de curta duração, com planos bem definidos. São feições longas, podendo apresentar uma relação 10:1 de comprimento e largura.

Por fim, as quedas de blocos são os movimentos de massa rápidos de blocos e/ou lascas de rocha que caem pela ação da gravidade, sem a presença de uma superfície de deslizamento, na forma de queda livre.

# 3. A OCUPAÇÃO DAS ENCOSTAS

## 3.1 Histórico da ocupação das encostas

Os maciços e morros, que compõem o relevo da cidade, têm sido ocupados há mais de cem anos desde quando surgiu a primeira favela do Brasil, no morro da Providência, no centro da Cidade, em 1897. O nome Favela se deve ao fato dos primeiros moradores da Providência chamarem o lugar de "morro da Favela". Era uma referência a um morro de mesmo nome que existia em Canudos, recoberto por um arbusto rasteiro também chamado "Favela". Com o passar dos anos, a palavra virou sinônimo de uma triste realidade habitacional.

A partir da década de 1910, as favelas cresceram mais intensamente e penetraram na zona sul da cidade devido a um fato fundamental: durante toda a história o trabalhador sempre buscou estar próximo ao local de trabalho. Portanto, as políticas de remoções não obtiveram o sucesso desejado, pois os moradores eram alocados em locais muito distantes e sem infraestrutura de transportes e voltavam aos maciços e morros de origem.

Durante a primeira metade do século XX, a cidade se expandiu e em seu interior as favelas foram sendo criadas. Era possível observar um crescimento vertical no centro e na zona sul, enquanto que nos bairros da zona norte e dos subúrbios, a expansão deu-se através da construção horizontal, observada nas décadas de 1940-1950 e na seguintes, assistiu-se à expansão metropolitana e à formação das periferias favelizadas.

Nos anos de 1960 e 1970, a produção de conjuntos habitacionais esteve associada à política de remoção de favelas. Nesse período, grande quantidade de moradores de favelas foi transferida para assentamentos distantes do núcleo, que na maioria das vezes não contava com comércio e nem com sistema de transportes coletivos que dessem boas condições de deslocamento para essas pessoas.

Porém, na década de 1980, conhecida no Brasil como a década perdida, pois o crescimento econômico foi irrisório frente às décadas anteriores, a cidade do Rio de Janeiro volta a ter um grande crescimento de favelas. O alto índice de desemprego, crescimento da informalidade,

especulação imobiliária, falta de política habitacional para população de baixa renda e um sistema de transportes coletivos precário são apenas alguns exemplos dos motivos para o crescimento das favelas no município do Rio de Janeiro.

Apesar da recuperação econômica na década de 2000, dados divulgados pelo Censo IBGE no ano de 2010 estimam que atualmente 20% da população da cidade moram em favelas, ou seja, são 1.393.314 pessoas que residem em 763 favelas do município, sendo que aproximadamente hum milhão moram em encostas, situadas em áreas com moderada à alta probabilidade de serem atingidas por movimentos de massa (deslizamentos, quedas, rolamentos e corridas) envolvendo solo, rocha, vegetação e lixo/entulho.

### 3.2 A política de intervenções nas encostas e mitigação do risco

A partir da década de 1960, o município, ainda estado da Guanabara, iniciou sua política de monitoramento e conservação de encostas da cidade com a criação da Geo-Rio (Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro).

O órgão foi criado especialmente para atender a uma forte demanda popular devido às chuvas excepcionais que castigaram a cidade no mês de janeiro de 1966. Nas encostas da cidade, já parcialmente favelizadas, ocorreram centenas de acidentes geotécnicos, com um saldo de 250 mortos e mais de 500 feridos, com cerca de 50.000 desabrigados, deixando, por alguns dias, a cidade maravilhosa em situação de calamidade pública, que gerou forte repercussão nacional e internacional.

Foram elaborados planos emergenciais de curto e longo prazo para a proteção das encostas, com avaliação das situações de risco que foram cadastradas e colocadas em um banco de dados para análise de suscetibilidade de risco. Iniciou-se na ocasião a implantação de uma política racional de ocupação das encostas a qual estabelecia os critérios técnicos na definição das áreas sujeitas a risco de deslizamento.

No ano de 1967, um ano após o início de observação das encostas na cidade, ocorreram novas chuvas torrenciais que castigaram a cidade, deixando um saldo de 300 mortos e 25.000 desabrigados, em decorrência de acidentes geotécnicos nas encostas. Casas e ruas foram destruídas e uma nova situação de calamidade se instalou em diversos bairros.

Não obstante as novas dificuldades imputadas por aquele trágico evento chuvoso do mês de fevereiro, ao final do ano de 1967, a Geo-Rio já havia concluído mais de 50 obras de contenção que aumentaram significativamente o nível de segurança das encostas cariocas.

Novas chuvas torrenciais caíram sobre a cidade nas décadas seguintes, sendo as mais graves as que ocorreram em especial nos anos de 1988, 1996 e 2010. Em 1988, no início de fevereiro, foram 78 mortes, com destaque para o escorregamento de blocos sobre a Clínica Santa Genoveva em Santa Tereza. O acidente geotécnico soterrou 40 pessoas, entre pacientes e funcionários. Em 1996, 67 pessoas morreram e 2 mil ficaram desabrigadas.

A última tragédia ocorrida nas encostas da cidade ocorreu recentemente, em 2010, com 48 mortos e mil desabrigados.

Para fazer frente a este desafio, foram realizadas na cidade do Rio de Janeiro, nos últimos 40 anos, mais de 6.500 intervenções em encostas em diferentes pontos do município, com a execução de contenções de taludes em cortina ancorada, muros de arrimo em concreto armado e ciclópico, solo grampeado, muros em gabião.

Também foram executados a contenção de blocos através de contrafortes chumbados em rochas, melhorias da drenagem superficial das encostas utilizando redes de canaletas de concreto armado, estabilização de taludes em concreto projetado, desmonte de blocos, dentre outras.

Foram também desenvolvidas novas técnicas de contenção, utilizando materiais alternativos como pneus e fibras vegetais. Metodologias para mapeamentos geológico-geotécnicos e de risco em escalas de detalhe foram desenvolvidas e executadas em dezenas de encostas ocupadas.

As delimitações físicas de áreas de risco implementadas e a cidade passou a contar com um pioneiro sistema de alerta de chuvas intensas e de deslizamentos em encostas, o Sistema Alerta Rio, hoje referência nacional e internacional em termos de sistema de alerta criado em 1996.

Atualmente, a GEO-RIO elaborou o mapeamento de risco geológico-geotécnico das encostas localizadas no Maciço da Tijuca e adjacências após as chuvas de 2010. Cerca de 52 bairros das zonas norte, sul e oeste da cidade foram vistoriados, incluindo o uso de tecnologias modernas, como levantamento a laser do terreno e ortofotos.

O estudo apontou que 21 mil imóveis em cerca de 117 comunidades da cidade estão em áreas consideradas de alto risco. O estudo resultou na elaboração de projetos de obras específicas para cada comunidade em risco.

### 3.3 O levantamento do quantitativo de obras executadas

Em 2009, foi feito um levantamento da quantidade de obras de contenção executadas ao longo de quarenta anos desde que se iniciou a observação, monitoração e proteção das encostas da cidade do Rio de Janeiro.

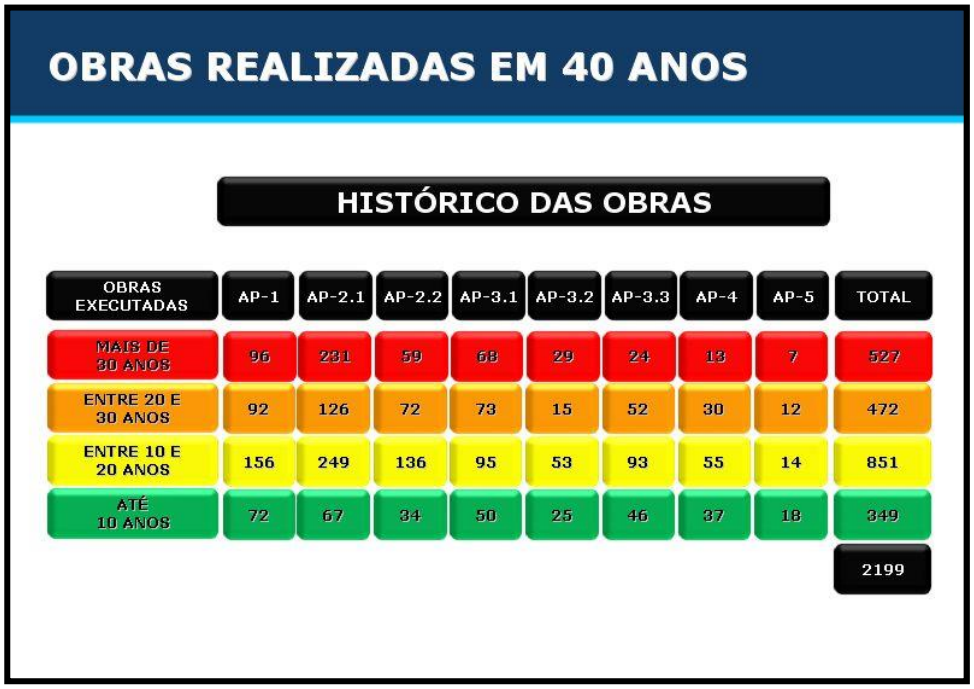
Foram catalogadas 2199 obras de contenção de encosta espalhadas pelas diversas regiões da cidade. São principalmente contenções executadas em cortinas ancoradas, complementadas por obras de estabilização em concreto projetado e obras de drenagem de águas pluviais em canaletas de concreto armado.

A maior concentração de obras de contenção está nos bairros do centro e zona sul da cidade, com cerca de 63% das obras, e se caracteriza por ter um elevado trânsito de veículos

automotores, portanto uma região com alta concentração de CO2 na atmosfera e, em alguns trechos, também há influência do clima marinho, rico em cloretos, que tornam o ambiente altamente agressivo ao concreto.

Dessas obras, 30% possuem mais de 30 anos de construção, ou seja, cerca de 19% das obras de contenção da cidade, além de estarem em ambiente agressivo a sua estrutura, devem possuir grande quantidade de patologias devido ao tempo de construção com mais de 30 anos.

Tabela 1: Obras realizadas em 40 anos de mitigação de risco (FONTE; GEO-RIO)




| OBRAS EXECUTADAS | AP-1 | AP-2.1 | AP-2.2 | AP-3.1 | AP-3.2 | AP-3.3 | AP-4 | AP-5 | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MAIS DE 30 ANOS | 96 | 231 | 59 | 68 | 29 | 24 | 13 | 7 | 527 |
| ENTRE 20 E 30 ANOS | 92 | 126 | 72 | 73 | 15 | 52 | 30 | 12 | 472 |
| ENTRE 10 E 20 ANOS | 156 | 249 | 136 | 95 | 53 | 93 | 55 | 14 | 851 |
| ATÉ 10 ANOS | 72 | 67 | 34 | 50 | 25 | 46 | 37 | 18 | 349 |
| | | | | | | | | | 2199 |

## 4. O PROCESSO DE FORMAÇÃO DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM OBRAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTA

As obras de contenção de encosta em concreto armado são estruturas executadas, a princípio, como concreto aparente, ou seja, não possuem revestimento ou barreira de proteção, ficando assim totalmente expostas a intempéries da natureza e ao ambiente a qual está inserida.

A sua durabilidade estará condicionada a sua capacidade de resistir a intempéries, ataques químicos, abrasão ou outros processos de deterioração. Sabe-se que mesmo que o concreto utilizado nas obras de contenção tenha sido produzido com eficaz controle tecnológico, não será eternamente durável devido às ações ambientais que limitam sua vida útil.

Para Brandão (1998), determinadas substâncias encontradas no meio ambiente penetram na massa de concreto endurecido e, sob condições especiais de temperatura e umidade,

provocam reações químicas com efeitos nocivos. Sendo o concreto, normalmente, um material com baixa resistência a esse tipo de ataque, as ações químicas acabam se tornando uma das principais causas de deterioração das estruturas.

Segundo Oliveira e Souza (2003), os processos patológicos estão diretamente ligados ao ambiente em que as estruturas se encontram. Os resultados da pesquisa mostraram que existem diferenças significativas no desenvolvimento de patologias entre os índices medidos nas sete micro-regiões climáticas em que foi dividida a cidade do Rio de Janeiro.

Com isto, comprovou-se que as estruturas de concreto armado do município do Rio de Janeiro estão expostas a condições climáticas diferentes e a metodologia utilizada permitiu verificar, estatisticamente, a existência da influência do clima, dependendo da área do município do Rio de Janeiro em que a estrutura se encontra, na formação dos processos degenerativos do concreto armado.

Por exemplo, a micro-região da Guanabara, que é composta pelos bairros do centro, partes da zona sul e subúrbio da Leopoldina, recebem a influência das condições climáticas proporcionadas pela baía da Guanabara. Por ser uma região de grande movimentação e concentração de veículos, a concentração de $CO_2$ no ar tem valores elevados, tornando o ambiente mais poluído. O próprio relevo da cidade contribui para este fator, com o maciço da Tijuca dificultando a passagem dos ventos oceânicos, que poderiam promover com maior facilidade a troca do ar contaminado.

Já a micro-região Oceânica, formada pelos bairros litorais da zona sul( a partir do Leme), até a Barra da Tijuca, por se localizarem próximos às áreas de mar aberto, as estruturas de concreto armado sofrem a incidência direta do vento oceânico, que pode facilitar a penetração de águas e sais no concreto. Por outro lado, estas mesmas correntes eólicas têm a propriedade de reciclar o ar da região, podendo reduzir os índices de partículas em suspensão no ar, que, ao conterem $CO_2$ (dióxido de carbono), podem ser prejudiciais às estruturas de concreto armado.

Como as estruturas estão sujeitas à ação da natureza durante a sua vida útil, deve-se utilizar medidas preventivas para minimizar esses efeitos, adotando especificações técnicas e procedimentos de manutenção que possam proteger os materiais da ação destrutiva destes agentes, aumentando o tempo de vida útil da estrutura.

O exemplo de corrosão eletroquímica é a que ocorre na carbonatação do concreto e que provoca a despassivação das armaduras. E só irá ocorrer se a umidade atingir uma profundidade capaz de alterar as características da massa de concreto, criando as condições para o início dos processos corrosivos.

A penetração ocorre através dos poros e das fissuras existentes no concreto, que podem ser provocadas por diversos fatores, tais como deficiências de projeto, retração do concreto,

corrosão das armaduras, etc. Assim, mesmo que uma atmosfera apresente altos índices de $CO_2$, a difusão só irá ocorrer se houver aberturas que proporcionem a penetração do gás. Sendo assim, áreas como o maciço da Tijuca, por apresentar altos índices de precipitação pluviométrica, podem ter uma maior tendência a apresentar anomalias nas estruturas de concreto armado do que micro-regiões de menor precipitação pluviométrica, como a zona oeste.

Uma característica das obras de contenção de encosta em cortina ancorada é a presença de tirantes como elementos de estabilidade global da estrutura. Esses elementos de aço podem perder carga, o que provoca a sobrecarga dos tirantes adjacentes, provocando fissuração das sua cabeças de proteção. Com a fissuração, os acessórios de protensão do tirante começam a corroer quimicamente com o tempo. Em alguns casos essa corrosão é tão agressiva que o tirante se torna perdido. Ou seja, não é possível se recarregar.

Segundo a NBR 5692 (Execução de tirantes ancorandos no terreno), os tirantes devem possuir um sistema de proteção contra a corrosão e garantir que, durante a vida útil para a qual este tirante foi projetado, não haja comprometimento da segurança da obra.

Os sistemas de proteção são divididos em três classes: 1 2 e 3. A classe 1 é para tirantes em meio muito ou medianamente agressivo. A classe 2 é para tirantes em meio não agressivo e a classe 3 para tirantes provisórios em meios não agressivos. A agressividade dos meios depende dos tipos de água freáticas existentes nos terrenos onde se localizam os bulbos e os trechos livres dos tirantes.

As águas freáticas podem ser puras, com $CO_2$ dissolvido, selenitosas, magnesianas, amoniacais e com a presença de cloro. Quanto maior a presença o índice de mg/l , maior será considerado o meio agressivo, podendo ser muito agressivo, medianamente agressivo ou não agressivo. Isto também vale para águas ácidas, cuja agressividade vai variar em função do pH da água.

Muitas cortinas ancoradas apresentam ao longo dos anos o crescimento de habitações a montante, cujos dejetos são infiltrados no terreno, alterando a agressividade do meio, mesmo tendo sido executadas com sistemas de proteção para meios não agressivos. Portanto, podem estar sendo agredidas por meios altamente agressivos sem o devido sistema de proteção.



Foto 1: Vista da Cortina ancorada com ocupação irregular a montante (fonte; o autor)

## 5. O LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM OBRAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTA.

Entre os anos de 2010 e 2013, foram realizadas 51 vistorias em obras de contenção de cortina ancorada em diversas áreas da cidade do Rio de Janeiro, num total de 14.500 $m^2$ de superfície de concreto armado de obras de contenção de encosta inspecionadas.

Nesse levantamento realizado, a manifestação patológica predominante foi a ocorrência de fissuras, na ordem de 0,2 a 0,4 mm de espessura, possivelmente devido a causas como deficiências na execução de cura do concreto durante o processo de execução da estrutura como também por movimentações do concreto devido a variação térmica. Essas estruturas recebem grande incidência de radiação solar devido as grandes áreas de projeção vertical construídas durante o dia e se resfriam bruscamente a noite. Constatou-se que muitas dessas fissuras foram devidas a perdas dos revestimentos em concreto ou argamassa utilizados na confecção das cabeças de proteção dos tirantes.

Gráfico 1: Obras realizadas em 40 anos de mitigação de risco




Para Souza e Ripper (1998), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquela que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer. Isso se deve ao fato do aspecto desconfortável que se apresenta aos transeuntes e moradores que circulam ou moram próximos a estas estruturas.

Nas estruturas de concreto armado das obras de contenção de encosta essa percepção fica reduzida devido a menor percepção dessas patologias por leigos devido as grandes áreas dos panos de parede de concreto armado das cortinas ancoradas.

A corrosão e exposição de armaduras vem em segundo lugar, com 85% das obras vistoriadas contendo este tipo de patologia. Apesar da grande incidência, o percentual da superfície das cortinas com esta patologia varia de 5% e, em alguns casos, a 20% da área da superfície da obra de contenção.

Várias são as causas dessas patologias, entre as principais são o ataque de ácido sulfúrico proveniente do esgotamento sanitário das ocupações a montante das estruturas, o cobrimento deficiente na época da execução, as fissuras e trincas principalmente na região das juntas de dilatação, o ataque de cloretos nas obras de contenção litorâneas, o meio ambiente agressivo urbano e as infiltrações de água ocasionando a presença contínua de umidade.

A disgregação do concreto que ocorre em cerca de 80% das estruturas vistoriadas é um fenômeno frequentemente observado nas estruturas de concreto armado e possui várias causas, ocorrendo em conjunto com a fissuração. Consiste na perda de massa de concreto devido a um ataque de agente agressivo como cloretos ou ácidos sulfúricos ou regiões da estrutura com baixa resistência do concreto e ausência de cobrimento suficiente.

O ataque biológico é uma patologia que ocorre em cerca de 50% das obras de contenção vistoriadas e se dá basicamente pela perda do perfil elastromérico e da massa epoxídica das juntas de dilatação que permite assim o depósito de sementes disseminadas por animais ou pelo intemperismo. Também contribuem as infiltrações de água e ou de esgoto que percolam pelas estruturas de concreto armado das obras de contenção em cortina ancorada, sendo esta última na produção de uma vegetação rasteira e com aspecto de mofo.

A perda parcial ou total dos revestimentos das proteções do conjunto de fixação dos tirantes é uma patologia peculiar das obras de contenção de encosta em cortina ancorada e foi constatada em cerca de 70% das obras vistoriadas. A maioria das proteções são em concreto não estrutural que, com o passar dos anos, vai se deteriorando por diversos fatores. O principal é a infiltração de água pluvial, muitas vezes contendo $CO_2$ ou respingo de água salina, que pela geometria da cabeça de proteção se acumula na face superior, penetrando no concreto e assim o disgregando. Em todos os casos, ocorreu a corrosão do conjunto de fixação dos tirantes composto por porca e placa de aço.

As manchas superficiais de carbonatação, infiltração de esgoto (bolor proveniente do aparecimento de fungos) e fuligem representam 70%, 60% e 5% respectivamente das obras de contenção vistoriadas.

A desagregação do concreto, provocado por ninhos de concretagem ou segregações, pode ser devido a erros de execução como a desforma dos panos verticais das cortinas, a erros de concretagem no qual os agregados ficaram sem o envolvimento da argamassa ou até na produção de concreto sem homogeneidade necessária dos componentes. Constatou-se em vistoria que os vazios na massa de concreto, visto em algums pontos da superficie das obras de contenção em cortina ancorada, representam apenas 5 % destas estruturas.

A ocorrência de deformações excessivas em 2% dos casos ocorreu principalmente pela movimentação no sentido horizontal, ficando este fora de alinhamento com o pano adjacente, constatando a perda de carga nos tirantes próximos a região da deformação.



Foto 2: Vista da Cortina localizada nos fundos do Conjunto IPASE em Vila Kosmos. (fonte;o autor)



Foto 3: Vista da cabeça de proteção dos tirantes com perda parcial (fonte;o autor)

## 6. Conclusões

As encostas da cidade do Rio de Janeiro impressionam não somente pelas suas belezas naturais, mas pela geomorfologia dinâmica da sua superfície que, devido as possibilidades de movimentos de massa, podem oferecer risco geotécnico e ocorrem por diversos fatores, dentre deles a água. A mesma pode não ser o fator prepoderante na ocorrência de um acidente geotécnico que ocorra numa encosta.

Essas encostas, desde o início do século XX, foram se tornando uma importante área de ocupação irregular devido ao crescimento populacional da cidade, as décadas de crise ecônomica no país e a lenta e escassa política habitacional que perdurou por décadas na cidade. As encostas representam um pouco mais de 20% da população da cidade, sendo que 95% pertencentes as classes menos favorecidas da pirâmede social.

Após a ocorrência de acidentes geotécnicos de repercurção internacional, iniciou-se uma política de mitigação de risco com a execução de diversas obras de contenção de encosta, dentre elas a cortina ancorada.

Esta obra se destaca pela sua peculiaridade de além de ser executada com um material de vida útil limitada, como o concreto armado, possuir no dimensionamento de sua estabilidade global a utilização de tirantes ancorados no terreno em aço.

O aço, como o concreto possui sua durabilidade condicionada a fatores ambientais e das configurações construtivas no seu entorno, podendo sua corrosão ocorrer pela proximidade de locais com alto teor de cloretos, como o mar, ou de construções irregulares que, sem esgoto tratado, despejam sobre estas estruturas ácido sulfúrico, um agente altamente agressivo a ambos.

Após o conhecimento das estruturas de contenção de encosta executadas em mais de 40 anos de intervenções nas encostas da cidade para mitigação de risco, se faz necessário um estudo sobre as patologias desenvolvidas nestas estruturas, compondo assim um banco de dados preferencialmente com aquelas que possuem mais de trinta anos, com mais tempo de geração de manifestações patológicas e que representam 20% das estruturas executadas.

O levantamento, que se baseou na vistoria de 51 obras de contenção de encosta na cortina ancorada entre os anos de 2010 e 2013, constatou várias patologias existentes, sendo o mais significativo que pelo menos duas delas estavam presentes.

Em todas as cortinas ancoradas vistoriadas, constatou-se que pelo menos 5 % das cabeças de proteções dos tirantes estavam danificadas, com perda parcial ou total das mesmas, e que os conjuntos de fixação dos tirantes estavam corroídos, sendo que em alguns a corrosão não permitia a execução do ensaio de verificação de carga.

Um programa de manutenção das obras de contenção deve incluir não apenas os serviços de recuperação estrutural de praxe, mas também um estudo técnico das mudanças de configuração do ambiente no entorno da obra para a manutenção da vida útil da estrutura.

## 7. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 5629. **Execução de tirantes ancorados no terreno**. Rio de Janeiro, 2006.

BRANDÃO, A.M.S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

DERECZYNSKI, C.P; OLIVEIRA, JS de; MACHADO C.O; **Climatologia da precipitação no Município do Rio de Janeiro, Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.1, 24-38, 2009.

IBGE**; Atlas do censo demográfico 2010,** Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 160 p.

SOUZA, V. C.M.; OLIVEIRA, A. **Influência dos microclimas do Rio de Janeiro no desenvolvimento dos processos patológicos do concreto armado**. Niterói, UFF, 2003.

SOUZA, V. C.M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Ed. PINI, 1998.