XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8587

Dispositivos de Engenharia Urbana - contenção de encostas e sistemas de drenagem - para mitigar riscos urbanos: Estudo de caso em Ilhéus-BA

Urban Engineering Solutions to make the city more resilient: case study of Ilhéus-BA

Camille Maria Lino dos Santos Gentil
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | cmlsgentil.egc@uesc.br
Bianca Santos Bispo dos Anjos
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | bsbanjos.egc@uesc.br
Cleverson Alves de Lima
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | clalima@uesc.br
Joel Felipe Pereira
Universidade Federal do Sul da Bahia | Itabuna | Brasil | joelfelipe@ufsb.edu.br
Cleomaria da Mata Macedo
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | cmmacedo.egc@uesc.br
Julia Ramos Fernandes
Universidade Estadual de Santa Cruz | Ilhéus | Brasil | jrfernandes.egc@uesc.br

Resumo

As encostas instáveis ocorrem geralmente devido ao excesso de umidade no solo decorrente da precariedade da drenagem urbana. Este problema se agrava em regiões com alta pluviosidade e ocupação desordenada. Este trabalho tem como objetivo apresentar e analisar projetos que integrem soluções convencionais e baseadas na natureza (SbN) para promover a segurança em assentamentos precários. A metodologia consiste em um estudo de caso descritivo, fundamentado em diagnósticos participativos e vistorias técnicas para identificar as regiões problemáticas de Ilhéus-BA. Os resultados detalham os projetos de soluções híbridas de contenção e dispositivos de drenagem como soluções urbanas. Conclui-se que a compatibilização entre elementos estruturais e a participação comunitária oferece uma alternativa viável para a redução de riscos, mitigando de forma imediata o perigo de deslizamentos e gerando diretrizes replicáveis para a gestão de riscos em outras cidades.
Palavras-chave: Drenagem Urbana. Contenção de Encostas. Soluções Baseadas na Natureza. Assentamentos Precários. Gestão de riscos híbrida.

Abstract

Unstable slopes generally occur due to excessive soil moisture resulting from inadequate urban drainage. This problem worsens in regions with high rainfall and unplanned occupation. This study aims to present and analyze projects that integrate conventional solutions and Nature-Based Solutions (NbS) to promote safety in precarious settlements. The methodology consists of a descriptive case study, based on participatory diagnostics and technical inspections to identify problematic areas in Ilhéus-BA. The results detail hybrid containment solution projects and drainage devices as urban solutions. It is concluded that the combination of structural

Como citar:
GENTIL, C. M. L. et al. Soluções de engenharia urbana para cidades resilientes: estudo de caso de Ilhéus-BA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 21, 2026, Goiânia. **Anais**... Goiânia: ANTAC, 2026.

elements and community participation offers a viable alternative to risk reduction, immediately mitigating the danger of landslides and generating replicable guidelines for risk management in other cities.

Keywords: Urban Drainage. Slope Stabilization. Nature-Based Solutions. Informal Settlements. Hybrid Risk Management.

INTRODUÇÃO

As cidades litorâneas brasileiras como Ilhéus-BA possuem alto índice pluviométrico ao longo do ano. Isto, agravado pelas mudanças climáticas, faz com que o município enfrente chuvas intensas que assolam as áreas vulneráveis, geralmente ocupadas desordenadamente por assentamentos informais. Estas áreas carecem de uma infraestrutura urbana adequada que amplia o risco de deslizamentos, erosões e enxurradas, principalmente nas áreas com ação antrópica, já que a remoção da cobertura vegetal e as alterações geométricas dos taludes agravam a concentração das águas e a ocorrência de desastres. Além disso, obras civis sem o devido acompanhamento técnico podem desencadear outros mecanismos de instabilização [1].

Estes processos são notados em Ilhéus, onde as zonas com maior suscetibilidade geológico-geotécnica coincidem com as regiões mais carentes sem a infraestrutura urbana básica necessária, expondo estas pessoas às fragilidades ambientais do local. Neste sentido, a Engenharia Urbana fornece os subsídios necessários para uma melhor gestão do território e controle dos mecanismos deflagradores, tais como as concentrações hídricas devido à ausência da drenagem. A implantação destas redes contribui para o aumento da qualidade socioambiental nas cidades, pois ao gerir as águas, é possível controlar os problemas de movimentos de massa, alagamentos e inundações [2].

Essa premissa fundamenta a importância da construção de Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR), assim como o que foi feito em Ilhéus-BA, que fornecem subsídios para um planejamento territorial ao identificar áreas críticas e os problemas que demandem soluções técnicas que aumentem a segurança da comunidade. Ou seja, funcionam como um instrumento de gestão urbana a partir da prospecção, diagnóstico e planejamento de ações estruturantes, a partir de uma lógica hidrogeotécnica, que considere o contexto social. O PMRR Ilhéus foi realizado dentro do programa Periferia Viva do Ministério das Cidades em 2024-2025, e seus cadernos indicaram os principais problemas existentes no território de Ilhéus-BA [3].

O PMRR Ilhéus possui documentos que hierarquizam as áreas com fragilidades hidrológico-geotécnicas e indicam as diretrizes para mitigar o risco e viabilizar o assentamento existente, indicando soluções de engenharia convencional e práticas sustentáveis que ampliam a resiliência urbana e o interesse social. A análise das condições de Ilhéus permitiu identificar urgências, destacando a ausência da drenagem, apontado como gerador de instabilidades dos altos. Para reduzir os riscos, foram indicadas além das obras de contenção como arrimo, grampeamentos e atirantamentos, além de drenagens, porém sem especificar com riqueza de detalhes os elementos mais importantes.

Além disso, foram indicadas SbN como soluções de menor custo adequadas para áreas com menor vulnerabilidade ambiental devido a sua implementação simplificada e custo reduzido. São, portanto, soluções práticas e acessíveis para reduzir o risco de desastres, aumentar a permeabilidade e resiliência, além de proporcionar melhoria no

microclima urbano. Com isto, as SBN atuam na revitalização do espaço e na promoção da autonomia de populações historicamente negligenciadas pelo poder público e expostas a riscos estruturais [4].

Diante disto, foi proposto o detalhamento de projetos de controle hídrico e drenagem urbana associados as contenções das encostas referenciadas no PMRR Ilhéus, com discussão individualizada dos dispositivos e integração entre as soluções convencionais e as SbN, demonstrando como esta convergência entre a técnica e a sustentabilidade fortalecem os mecanismos de resiliência e segurança em assentamentos informais.

A problemática central deste estudo está na vulnerabilidade social de assentamentos informais frente a eventos climáticos extremos. Sob a visão econômica, os desastres geram custos elevados de reconstrução para o município; já no âmbito social, perpetuam a exclusão e o risco à vida de populações vulneráveis; e, ambientalmente, degradam ecossistemas de encostas litorâneas. Portanto, justifica-se a necessidade de investigar como a engenharia convencional pode se aliar às SBN para mitigar tais impactos.

METODOLOGIA

A pesquisa seguiu um delineamento metodológico dividido em três etapas: (1) Diagnóstico preliminar e levantamento de dados junto a comunidade por meio de reuniões comunitárias; (2) Vistorias técnicas de campo conduzidas por equipe multidisciplinar para mapeamento de patologias e vulnerabilidades estruturais; e (3) Avaliação do problema geral e definição de soluções técnicas para trazer segurança para as localidades.
A metodologia proposta para a mitigação de riscos nessas áreas iniciou-se pelo diagnóstico participativo, promovendo o entendimento da realidade local junto aos moradores por meio de reuniões comunitárias (Figura 1a). Este processo priorizou o mapeamento das áreas de risco e a identificação das regiões mais críticas, considerando a fragilidade dos taludes. A etapa de acolhimento e interação direta possibilitou a colaboração da comunidade, principalmente para aceitação de futuras intervenções como as SbN, e viabilizou as inspeções técnicas no entorno das residências em locais de difícil acesso.

As vistorias técnicas permitiram o registo das patologias decorrentes da falta de drenagem, decorrentes da remoção da vegetação nativa e pela ausência de dispositivos de drenagem (Figura 1b). Os dados coletados in loco, foram sistematizados para fundamentar a indicação da infraestrutura para o local para estabilizar e restaurar a segurança habitacional.

Figura 1: (a) Reunião com a comunidade; (b) Deslocamento de massa no fundo da residência. Fonte: [3]




Fonte: [3]

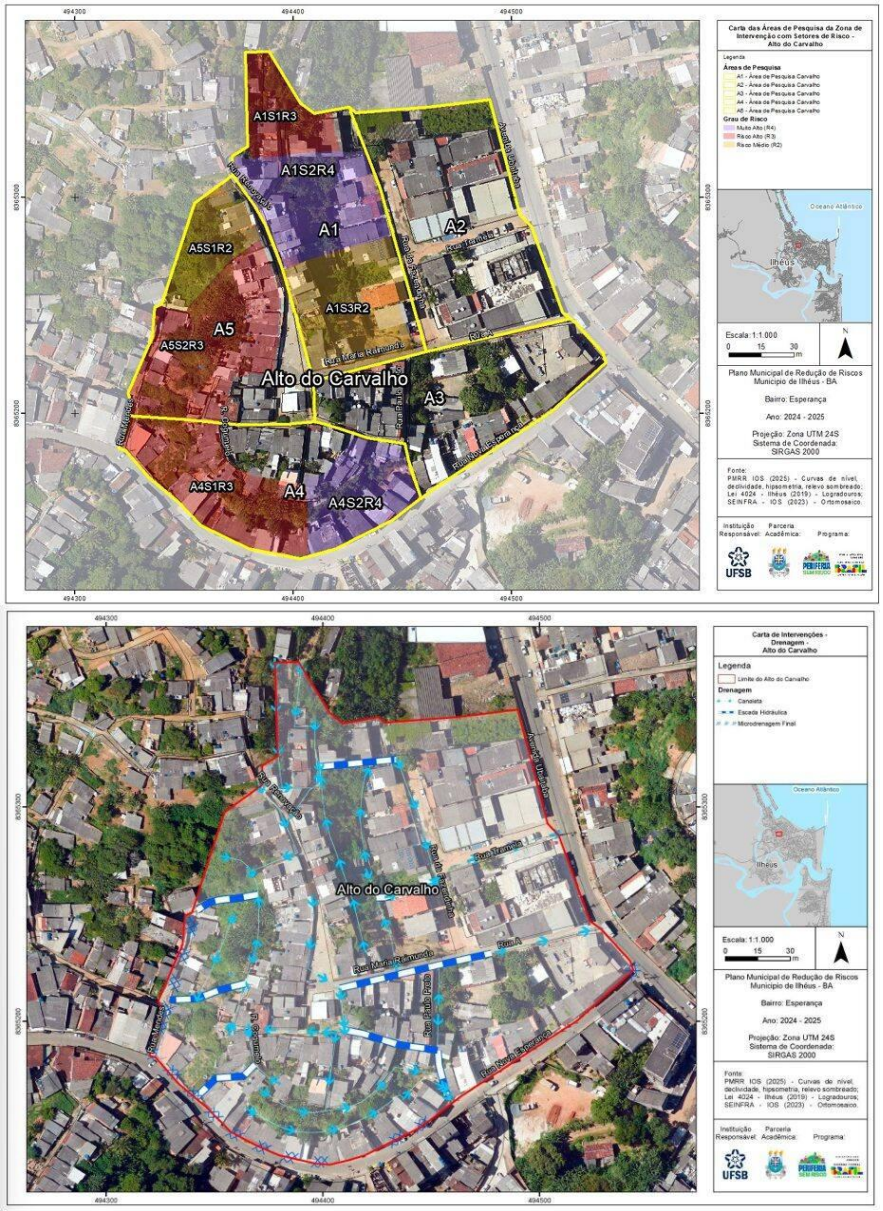
Complementarmente, a análise setorial das encostas utilizou mapeamento aerofotogramétrico por meio de veículo aéreo não tripulado (drone), permitindo a geração de modelos digitais de terreno (MDT) e identificando problemas em locais de difícil acesso. Os mapas de risco e os esquemas geométricos foram processados em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica). Este diagnóstico técnico-social permitiu conduzir a engenharia convencional para uma abordagem de resiliência urbana, integrando drenagem eficiente e proteção vegetal às encostas do município.
A análise das informações permitiu a produção de mapas e esquemas voltados à mitigação de desastres, promovendo a requalificação urbana de comunidades a partir de uma visão humana dos assentamentos. As soluções indicadas visam proporcionar o aumento da segurança e a permanência das pessoas nos locais de origem, reduzindo os problemas de gentrificação e espraiamento urbano. Propostas que englobassem SbN com técnicas tradicionais complementam o processo de manejo das águas pluviais para a requalificação ambiental.
Os projetos de dispositivos de contenção foram desenvolvidos com base nos critérios de estabilidade de taludes preconizados pelas normas técnicas nacionais. Elaborados com o uso de ferramentas como o QGis para o mapeamento, o Autodesk Revit e Autocad para detalhamento técnico e inspeções geotécnicas de campo. Essas ferramentas permitiram conceber projetos para localidades críticas, facilitando a visualização das intervenções e uma análise comparativa entre o cenário de risco atual e a condição de segurança projetada.

RESULTADOS

DRENAGEM

A análise da infraestrutura nos assentamentos informais de Ilhéus revelou um cenário de vulnerabilidade devido à ausência de rede de drenagem, além da falta de sistemas de mobilidade horizontal (passarelas e vielas) e vertical (escadarias e acessos). Em algumas localidades, os caminhos nos altos se confundem com o próprio sistema de drenagem superficial, ocasionando problemas para os moradores como danos ao patrimônio público e privado, além de impedir evacuações em momentos de perigo.
Em setores com declividade acentuada, como escadarias e ladeiras, notou-se a ausência de dispositivos para a dissipação da energia cinética das águas, ausência de desembocaduras pluviais para descarte adequado, aumentando os problemas com erosão, ravinas, instabilidades geotécnicas, alagamentos urbanos e danos à infraestrutura.
As soluções indicadas estão diretamente relacionadas à identificação dos possíveis processos geológicos, tipo de ocupação e perfil da área. Na Figura 3 é apresentada

uma região estudada contendo os graus de risco identificados e a rede de drenagem a ser implantada na localidade para conduzir os fluxos para uma área segura. O projeto prevê a implantação de canaletas, sarjetas, escadas hidráulicas e microdrenagem até a ligação com a rede urbana.



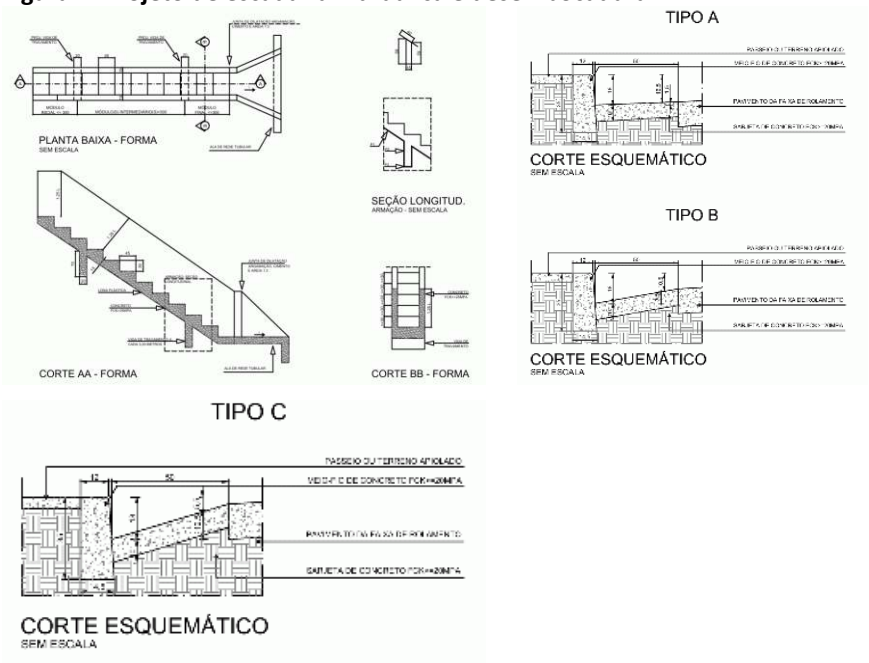
Fonte: [3]

Com base nos problemas e nas soluções indicadas por [3], foram dimensionados dispositivos para o manejo das águas, conforme Figura 4. Das soluções propostas, destaca-se a escada hidráulica para dissipação de energia em trechos com alta declividade, fragmentando o fluxo d'água e reduzindo o impacto hidráulico sobre o terreno e protegendo a estrutura a jusante.

Nos caminhos, vielas e passarelas, como forma de manter o trânsito de pedestres em situações de emergências, foram especificados sarjetas e canaletas para condução longitudinal até as caixas de coleta e direcionamento para as redes de macrodrenagem. A integração desses dispositivos permitirá o controle do escoamento superficial e evitar erosões e instabilidade geotécnica.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8587

Figura 4: Projeto de escadaria hidráulica e desembocadura



Fonte: Adaptado de [5]

A Figura 5 apresenta alguns dos problemas identificados nos altos de Ilhéus, como a falta de sistemas de drenagem associados às escadarias, ausência de sarjetas e canaletas nas ruas, e ausência de dispositivos de drenagem. Este diagnóstico favorece o escoamento descontrolado, patologias superficiais nos arruamentos, movimentos de massa e alagamentos. Estes problemas são agravados pela ausência da coleta de resíduos sólidos que obstruem a rede superficial.

Figura 5: Problemáticas identificadas durante vistorias



Fonte: [3]

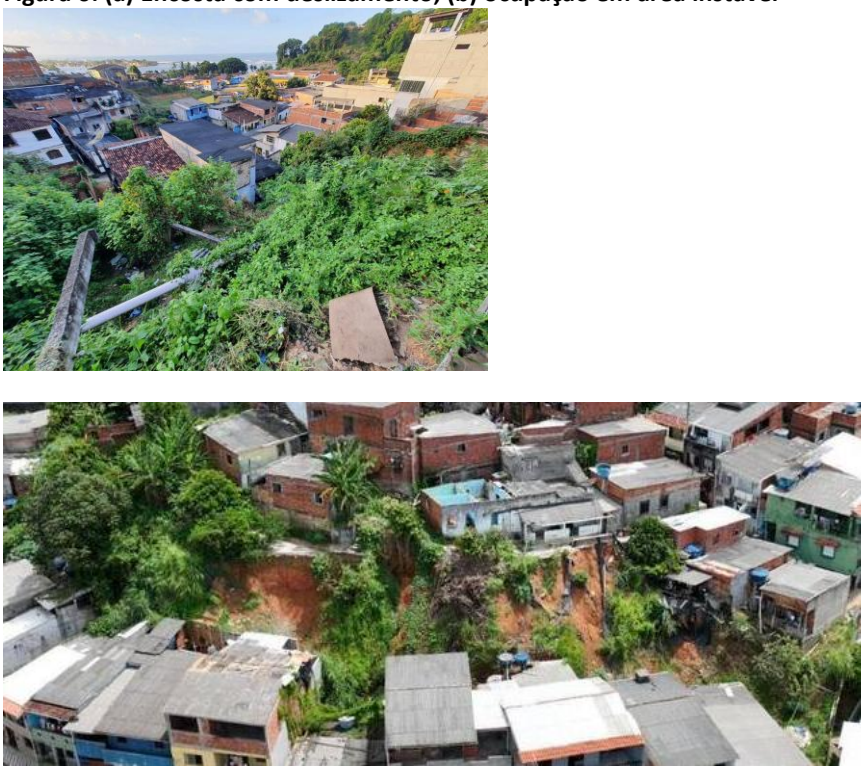
CONTENÇÕES

As vistorias técnicas realizadas diagnosticaram movimentos de massa decorrentes da falta de drenagem com o avanço de solo sobre o interior de residências e o comprometimento direto da estrutura das edificações, com aparecimento de trincas, fissuras por tração, recalques das fundações e colapso progressivo das edificações. A Figura 6 apresenta o caso de deslizamento para o domicílio superior e inferior da encosta.

Além dos danos já consolidados, foram identificados setores com problemas de instabilização iminente, caracterizados por fraturas de tração no topo dos taludes, inclinação atípica da vegetação e acúmulo de detritos no sopé das encostas. A Figura

6b exemplifica uma ocupação inadequada em crista de talude, onde a pressão antropogênica sobre o solo desprotegido potencializa desastres de grande magnitude. Diante deste diagnóstico, foram projetados modelos de contenção específicos, dimensionados de acordo com a complexidade geométrica e geotécnica de cada setor.

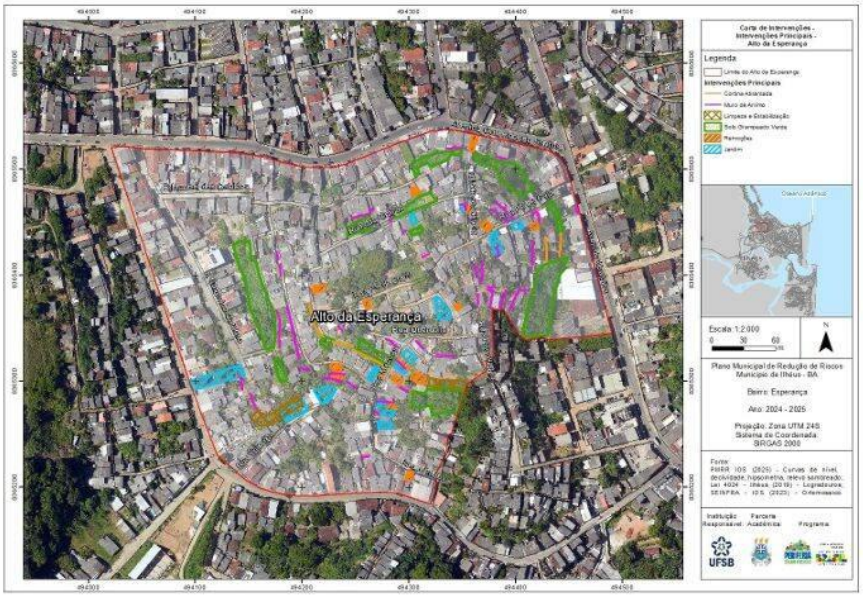
Figura 6: (a) Encosta com deslizamento; (b) ocupação em área instável



Fonte: [3]

A Figura 7 apresenta em um dos altos do município como o plano de estabilização das encostas vulneráveis com obras da engenharia convencional e soluções integradas à natureza, tais como: cortinas atirantadas, muros de arrimo e solo grampeado verde.

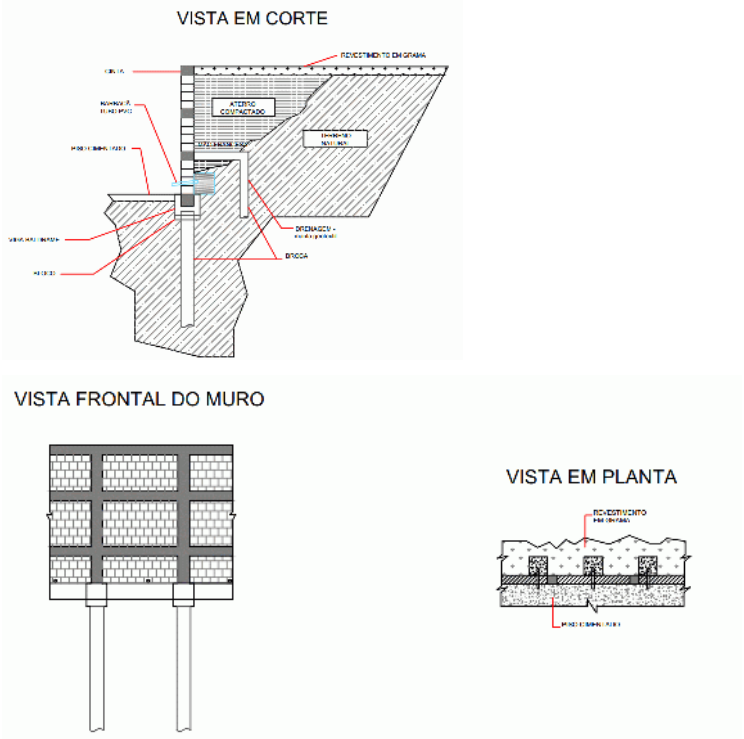
Figura 7: Mapa de intervenções - Intervenções nas encostas



Fonte: [3]

Para as ocorrências de menor magnitude e maior proximidade com as fundações das residências, foram indicadas contenções em muros de arrimo (gravidade ou flexão) que cumprem a função de suporte, bloqueando os deslocamentos localizados e conferindo estabilidade a encosta adjacentes. O detalhamento executivo dessas soluções, incluindo dimensões e armaduras, está presente na Figura 8.

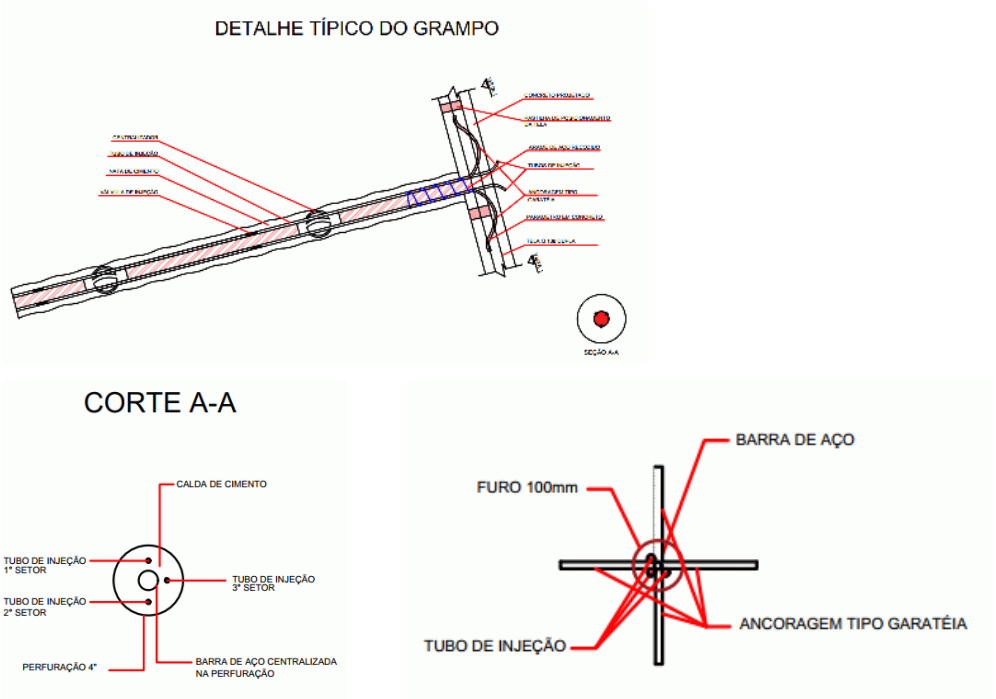
Figura 8: Proposta de muro de arrimo dimensionado



Em contrapartida, áreas de alta complexidade e extensa superfície comprometida exigiram soluções de engenharia pesada. Para taludes de grande altura ou com solos de baixa coesão, foram projetadas cortinas atirantadas, que associam a resistência de painéis verticais à ancoragem profunda em horizontes de solo competentes através de cabos de aço. Complementarmente, adotou-se o sistema de solo grampeado para o reforço da estabilidade interna da massa de solo. Esta técnica consiste na inserção de chumbadores (grampos) e aplicação de concreto projetado, criando uma estrutura compósita solo-reforço.

A integração dessas soluções de contenção visa não apenas a interrupção dos movimentos de massa atuais, mas a garantia da segurança de longo prazo para as comunidades inseridas nos altos de Ilhéus, transformando áreas de risco em zonas de estabilidade habitacional. O detalhamento técnico do grampo, especificando o tratamento anticorrosivo e a ancoragem, é apresentado na Figura 9.

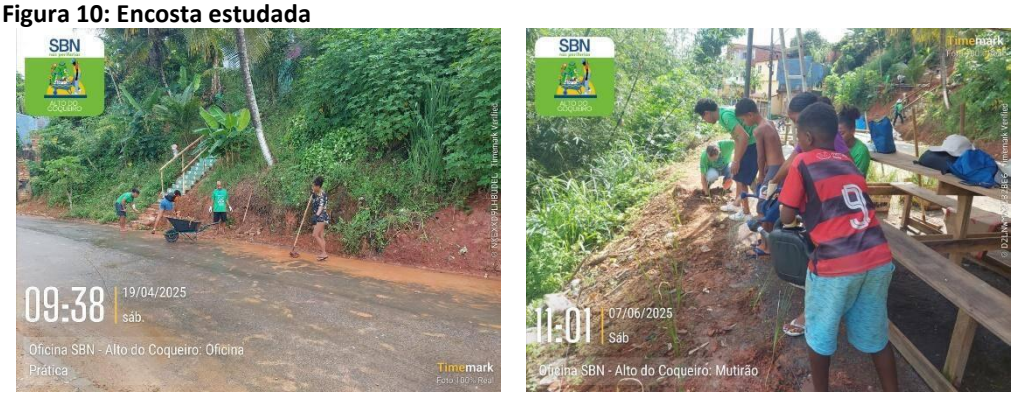
Figura 9: Projeto de contenções de alta complexidade



INTEGRAÇÃO SOLUÇÕES CONVENCIONAIS E SBN

Como soluções para Altos com menor índice de risco (R2), foram propostas intervenções que diferem das práticas convencionais, adotando-se Soluções Baseadas na Natureza (SBN) (Figura 10). Foi proposta e executada uma reabilitação de uma encosta dentro do conceito de cidades resilientes, tornando o espaço multifuncional, indo além de conter uma encosta, mas adaptá-las para as comunidades para as mudanças climáticas, tornando o espaço harmônico entre a comunidade e a natureza. A região, caracterizada por uma encosta de grande extensão com instabilidade latente, exigiu uma solução que equilibrasse o suporte mecânico imediato com a gestão hídrica sustentável.

Figura 10: Encosta estudada



Já na Figura 11, a solução detalhada foi o solo grampeado verde, aplicada no setor próximo à Rua São Mateus, no Alto do Coqueiro, cuja abordagem híbrida aponta esta intervenção. A recomendação válida a substituição de contenções rígidas convencionais por sistemas que utilizam processos ecossistêmicos, unindo o reforço estrutural à recomposição vegetal para garantir a estabilidade e a recuperação ambiental da área.

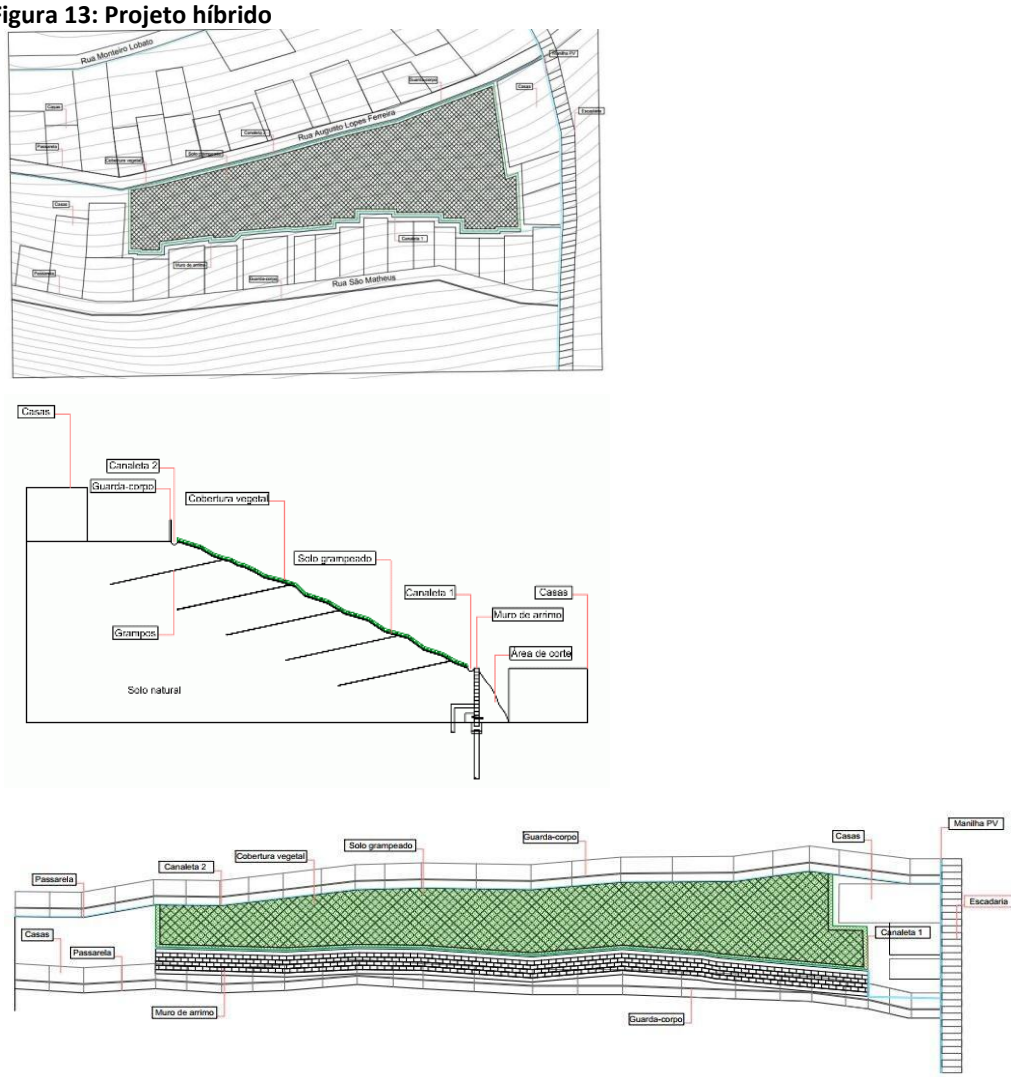
Figura 11: Mapa das intervenções- Intervenções principais



A base desta integração consiste na implantação de um sistema de solo grampeado verde associado a um muro de arrimo de gravidade para delimitar a base do talude, oferecendo uma barreira física rígida e proteção direta às fundações das casas, e atuando na estabilização global do talude. Esta técnica de SBN é superior às contenções de concreto armado convencionais em termos de resiliência, pois, além de reforçar a massa de solo, mantém a permeabilidade da encosta, reduzindo o impacto ambiental e mitigando o efeito das ilhas de calor urbano.

A infraestrutura de drenagem, composta por canaletas e manilhas (Figura 13), foi projetada para atuar em conjunto com a cobertura vegetal. Essa rede reduz a saturação do solo e controla as pressões hidrostáticas, enquanto a vegetação auxilia na dissipação da energia das chuvas e na fixação da camada superficial. Somado a isso, a inclusão de elementos de mobilidade urbana, como escadarias e guarda-corpos, garantindo acessibilidade e segurança para a população.

Figura 13: Projeto híbrido



Fonte: Autor

O detalhamento técnico evidencia a complexidade desta integração, podendo-se observar como os dispositivos SBN se ajustam ao relevo na superfície, enquanto o corte revela a interação grampos-solo, a fundação do muro e a camada biológica. Essa tipologia de projeto demonstra que a construção de cidades resilientes em contextos de vulnerabilidade, como os altos de Ilhéus, depende da capacidade técnica de unir complexidade da engenharia civil à inteligência dos serviços ecossistêmicos, garantindo segurança habitacional e sustentabilidade a longo prazo.

CONCLUSÃO

A análise do cenário urbano de Ilhéus mostra que a instabilidade de encostas em áreas de ocupação informal não é um evento isolado, mas o resultado da associação entre características climáticas severas e a ausência de infraestrutura e planejamento. Foi demonstrada a precariedade dos sistemas de drenagem e o manejo inadequado de resíduos sólidos são os principais causadores dos movimentos de massa.

As intervenções propostas, baseadas nas diretrizes do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) evidenciaram que para mitigar os desastres, é preciso uma abordagem multifocal. A engenharia convencional cumpre o papel de fornecer estabilidade

mecânica imediata e proteção às fundações das moradias em situação de risco iminente. Paralelamente, a implementação das SbN, apresentam-se como uma alternativa para a resiliência urbana de longo prazo, ao conciliar o reforço estrutural com a manutenção da permeabilidade do solo e a melhoria do microclima local, atendendo os requisitos urbanos e das ODS.

A integração entre dispositivos de drenagem e as técnicas de contenção híbridas apresenta-se, teoricamente, como uma alternativa viável e de alta compatibilidade para reduzir o nível de perigo em assentamentos precários. Conclui-se, portanto, que a segurança habitacional em municípios litorâneos como Ilhéus possui como alternativa a transição de uma engenharia convencional para uma gestão de riscos híbrida, buscando garantir uma moradia digna e a sustentabilidade ambiental nas encostas brasileiras.

DECLARAÇÃO

Os Autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] ROSÁRIO, Arthur Aguiar Moura; BARROS, Bárbara Minerva Galvan; GAZIRE, Conrado Ferreira; SOUZA, Rennan Alves Ferreira de; COSTA, Túlio Rodrigues. **Estabilidade de taludes e proposta de projeto em área de risco do bairro Novo Lajedo**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Instituto Politécnico, Belo Horizonte, 2023.

[2] SOUZA, Lucas Barbosa. **Instrumentos de planejamento e gestão urbanos em áreas de risco de escorregamentos**. Geografia, Rio Claro, v. 31, n. 3, p. 677-686, 2006. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/2493.

[3] BRASIL. Ministério das Cidades. **Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR): etapa 3 – ações estruturais e não estruturais**. Relatório 03, v. 1. Ilhéus, BA: UFSB, 2025.

[4] PINTO, Felipe Salles. **Soluções baseadas na natureza como ferramentas de justiça socioambiental em comunidades de baixa renda: um olhar sobre as injustiças socioambientais atreladas ao processo de formação do Brasil e os desafios da ação do poder público.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2025.

[5] SUDCECAP. Caderno de Drenagem – Cap 19. 2019. Disponível em: https://prefeitura.pbh.gov.br/sudecap/caderno-de-encargos

[6] MORGADO, Bianca; MACEDO, Eduardo Soares de. **Reurbanização e redução de risco de acidentes. Estudo de caso: Complexo Jardim Irene, Santo André/SP**. In: 17º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, 2022.