

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE SWOT COMO FERRAMENTA DE APOIO À DECISÃO NA SELEÇÃO DE MATERIAIS PARA DRENAGEM SUPERFICIAL

Arivânia Bandeira Rodrigues¹; Alexandre José Priori Jovino Marques Filho²; Ednilson de Castro Ferreira³

Abstract: The appropriate selection of materials is essential to ensure the efficiency, durability, and sustainability of surface drainage systems. This study applied the SWOT matrix as a decision-support tool to compare alternatives for berm channels (lateritic soil, reinforced concrete, Reno mattress), downspouts and peripheral channels (reinforced concrete, gabion), and culverts (reinforced concrete, PEAD). The strengths, weaknesses, opportunities, and threats of each material were evaluated, considering criteria such as hydraulic performance, ease of implementation, maintenance, costs, and environmental impact. The results indicated the Reno mattress as the best option for berm channels, the gabion for downspouts and peripheral channels, and PEAD for culverts. The SWOT analysis proved to be an effective tool in supporting material selection, promoting sustainable solutions suited to the specific context of each project.

Resumo: A escolha adequada de materiais é fundamental para garantir a eficiência, durabilidade e sustentabilidade de sistemas de drenagem superficial. Este estudo aplicou a matriz SWOT como ferramenta de apoio à decisão na comparação de alternativas para canaletas de berma (solo laterítico, concreto armado, colchão de Reno), descidas d'água e canais periféricos (concreto armado, gabião) e bueiros (concreto armado, PEAD). Foram avaliadas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de cada material, considerando critérios como desempenho hidráulico, facilidade de implantação, manutenção, custos e impacto ambiental. Os resultados indicaram o colchão de Reno como a melhor opção para canaletas de berma, o gabião para descidas d'água e canais periféricos, e o PEAD para bueiros. A análise SWOT demonstrou ser uma ferramenta eficaz no suporte à seleção de materiais, promovendo soluções sustentáveis e adequadas ao contexto de cada projeto.

Palavras-Chave – Análise SWOT; Drenagem Superficial; Seleção de materiais.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem superficial em barragens, taludes e estruturas associadas são fundamentais para garantir a segurança e o desempenho dessas obras, especialmente diante de condições severas como chuvas intensas, escoamento concentrado e processos erosivos, o que torna sua adequada funcionalidade essencial para o desempenho e a segurança dessas obras.

A escolha adequada dos materiais para sistemas de drenagem, como canaletas de berma, descidas d'água, canais periféricos e bueiros, é fundamental para garantir eficiência hidráulica, durabilidade e viabilidade econômica das soluções adotadas (Lopes *et al*, 2021). No entanto, a multiplicidade de alternativas disponíveis, como solo laterítico, concreto armado, colchão de reno, gabião, PEAD, entre outros, demanda uma análise criteriosa dos pontos fortes e limitações de cada

¹⁾ Universidade Federal de Pernambuco/TPF Engenharia: Recife-PE, 50740-550, 81 99916-9963, arivania.rodrigues@tpfe.com.br;

²⁾ Universidade Federal de Pernambuco/TPF Engenharia: Recife-PE, alexandre.filho@tpfe.com.br;

³⁾ Universidade Federal de Pernambuco/TPF Engenharia: Recife-PE, ednilson.ferreira@tpfe.com.br.

opção, considerando não apenas aspectos técnicos, mas também fatores ambientais, econômicos e de manutenção.

Nesse contexto, a aplicação da matriz SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças) surge como uma técnica útil e amplamente conhecida na área de gestão estratégica (Amin et al, 2011), auxiliando na tomada de decisão na seleção de materiais de drenagem superficial. A matriz permite identificar e comparar, de forma estruturada, as forças e fraquezas inerentes a cada material, assim como as oportunidades e ameaças externas relacionadas ao contexto de implantação e operação do sistema de drenagem. Essa abordagem possibilita uma avaliação abrangente, destacando, por exemplo, a resistência e facilidade de execução do concreto armado, a sustentabilidade do solo laterítico, a flexibilidade do colchão de reno e do gabião, bem como a leveza e praticidade do PEAD.

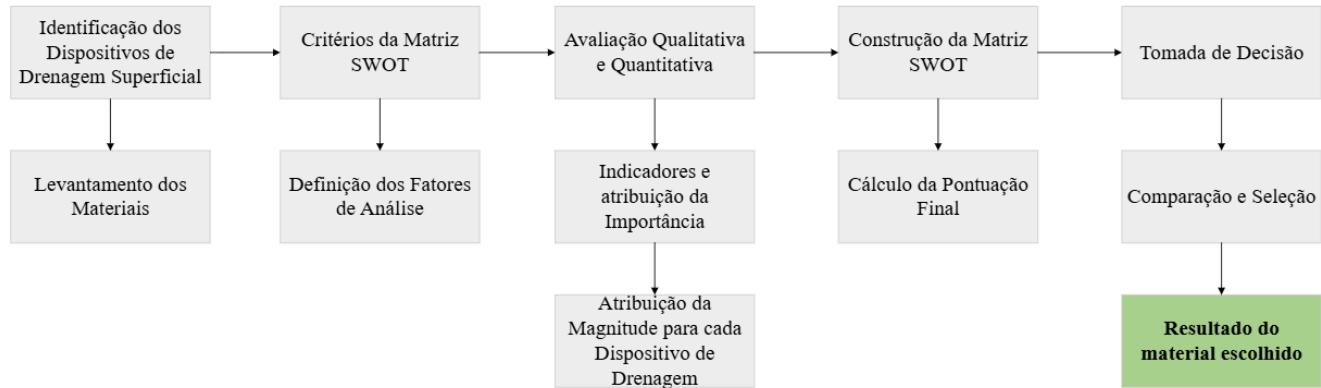
Esse método contribui diretamente para a sustentabilidade ao identificar oportunidades de adoção de materiais com menor impacto ambiental, maior durabilidade e potencial de integração a ciclos produtivos mais circulares, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Além disso, ao mapear fraquezas e ameaças, a análise SWOT antecipa riscos associados à disponibilidade de recursos, custos de manutenção, impactos ambientais negativos e desafios regulatórios, possibilitando a escolha de soluções mais resilientes e adaptáveis às mudanças de cenário.

Ao aplicar a análise SWOT para canaletas de berma, descidas d'água, canais periféricos e bueiros, este artigo busca oferecer uma metodologia comparativa para orientar a escolha dos materiais mais adequados às condições específicas de cada projeto, promovendo soluções mais eficientes, seguras e sustentáveis para a drenagem superficial em ambientes sujeitos a intensos fluxos pluviais.

2. MATERIAS E MÉTODOS

A abordagem adotada neste estudo foi aplicada com o objetivo de auxiliar na escolha dos materiais mais adequados para os dispositivos de drenagem superficial. Para isso, empregou-se a matriz SWOT, uma metodologia de análise estratégica que possibilita uma avaliação comparativa estruturada entre as diferentes alternativas disponíveis, considerando tanto fatores internos quanto externos que possam influenciar o desempenho e a viabilidade de cada opção. O fluxograma apresentado na resume as etapas metodológicas.

Figura 1 – Fluxograma das Etapas Metodológicas.



No âmbito desta análise, as canaletas de berma, que têm a função de conduzir o escoamento superficial das bancadas dos taludes até as descidas d'água, foram avaliadas considerando três materiais: solo laterítico, concreto armado e colchão de Reno.

As descidas d'água, destinadas a direcionar as águas pluviais ao longo dos taludes, foram analisadas em duas alternativas: concreto armado e gabião, sendo estes também os materiais considerados para os canais periféricos. Por fim, para os bueiros, foram comparadas as soluções em tubos de PEAD e concreto armado.

2.1 Análise SWOT

A análise SWOT consiste em uma ferramenta de apoio à tomada de decisão através do levantamento e análise de fatores internos e externos (Tabela 1). Essa metodologia foi aplicada para seleção dos materiais dos dispositivos de drenagem superficial, sendo adequada para o conhecimento da situação atual e da identificação dos pontos fracos, fortes, das ameaças e das oportunidades.

Tabela 1 - Fatores Internos e Externos da Análise SWOT.

FORÇAS (STRENGTHS)	FRAQUEZAS (WEAKNESS)
Vantagens, atributos positivos ou diferenciais de uma alternativa em relação a outras.	Pontos fracos, que correspondem a deficiências, limitações ou vulnerabilidades da alternativa.
OPORTUNIDADES (OPPORTUNITIES)	AMEAÇAS (THREATS)
Condições ou fatores externos que podem ser explorados de maneira favorável, podendo criar vantagens adicionais ou facilitar a implementação da alternativa.	Fatores ou condições externas que podem impactar negativamente a alternativa analisada, podendo dificultar sua adoção, aumentar riscos ou comprometer o desempenho ao longo do tempo.

Os pontos positivos (Forças e Oportunidades) e negativos (Fraquezas e Ameaças) servem de dados de entrada para a matriz SWOT e as quatro células correspondentes a esses pontos foram avaliadas quantitativamente quanto à magnitude (peso) e à importância (nota de cada alternativa), recebendo a seguinte pontuação:

- M – Magnitude: 3 (alto), 2 (médio), 1 (baixo), podendo ser positivo (para Forças e Oportunidades) ou negativo (Fraquezas e Ameaças).
- I – Importância: 3 (alta), 2 (média), 1 (baixa).

Por fim, os valores obtidos para a magnitude (M) e a importância (I) de cada ponto são multiplicados entre si, e depois somados, obtendo um valor de ranqueamento (R) para análise comparativa das alternativas, como expresso na Equação 1.

$$R = \Sigma (M \times I) \quad \text{Equação 1}$$

Onde: R é o valor de Ranqueamento; M é a Magnitude; I é a Importância.

A alternativa do material que apresentar um maior valor de ranqueamento é a que o método aponta como a mais viável.

2.2 Fatores Avaliados na Análise SWOT

A primeira etapa para a construção da matriz SWOT foi o levantamento dos fatores positivos (Forças e Oportunidades) e negativos (Fraquezas e Ameaças) a serem avaliados, expressando os indicadores e a atribuindo as Importâncias de cada um deles (Tabela 2).

Tabela 2 – Indicador e Importância dos fatores da matriz SWOT.

FATORES	INDICADOR	IMPORTÂNCIA
FORÇAS		
Facilidade da implantação	Quanto menos complexa a implantação da estrutura, maior será a nota deste fator.	3
Desempenho hidráulico	Quão melhor a alternativa solucionar o problema proposto, mais efetiva ela é e maior é a nota deste fator.	2
Durabilidade	Quanto maior a vida útil do sistema de drenagem superficial proposto, maior sua durabilidade e maior a nota deste fator.	3
FRAQUEZAS		
Tempo de execução (duração)	Quanto maior o tempo para implantação do sistema, maior a exposição ao risco e, portanto, menor será a nota deste fator.	2
Custo	Quanto maior o custo de implantação, menor será a nota deste fator.	2
Susceptibilidade à Infiltração e Erosão	Quanto mais suscetível for a alternativa de drenagem superficial a infiltração e erosão, menor será a nota deste fator.	2
Dificuldade de manutenção	Quanto maior for a dificuldade de manutenção da alternativa de drenagem superficial e os custos associados, menor será a nota deste fator.	3
OPORTUNIDADES		
Periodicidade de manutenção	Quanto menor a necessidade de manutenção, menor será a periodicidade e assim, maior será a nota neste fator.	3
Aderência ao plano de fechamento	Quanto maior a possibilidade de utilização desses dispositivos no plano de fechamento da estrutura, maior será a nota deste fator.	3
Integração Ambiental	Quanto maior a integração ambiental e o menor impacto ao meio ambiente, maior a nota deste fator.	3
AMEAÇAS		
Fragilidade a período de eventos climáticos extremos	Quanto mais suscetível for a eventos climáticos extremos, menor será a nota deste fator.	1
Aumento dos impactos ambientais durante a instalação	Quanto maior a previsão do quantitativo de massa movimentada, com base em estimativas de escavação, maior o aumento das restrições ambientais no decorrer da obra e menor a nota no fator.	2

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada categoria de fator analisado, foi realizada uma avaliação qualitativa dos materiais considerados, de modo a justificar a classificação atribuída em cada caso. As Tabelas 3, 4 e 5 a seguir apresentam a justificativa adotada para cada material, com base em suas características técnicas, exigências de execução e condições de aplicação.

Tabela 3 - Avaliação Qualitativa dos Materiais na Análise SWOT para as Canaletas de Berma

FATORES	MAGNITUDE – CANALETAS DE BERMA			
	LATERITA	CONCRETO	COLCHÃO RENO	
FORÇAS	Facilidade da implantação	<u>Alta</u> . Execução e mão de obra simples, compactação no local. Material local pode reduzir custos e tempo; rápida execução em solos adequados.	<u>Média</u> . Exige formas, cura do concreto e mão de obra especializada; transporte pode ser um desafio em locais remotos.	<u>Baixa a média</u> . Exige preparação de base, instalação de geotêxtils e preenchimento com enrocamento, tornando o processo mais complexo e demorado.
	Desempenho hidráulico	<u>Baixo</u> . Menor durabilidade e resistência à erosão; pode exigir manutenção frequente. Suporta velocidades menores (até 3.0 m/s).	<u>Alto</u> . Boa eficiência, mas pode gerar erosão nos encontros com o solo. Velocidades máximas admissíveis de até 6.0 m/s. Indicado para áreas com alto	<u>Médio</u> . Boa resistência hidráulica e flexibilidade em terrenos instáveis. Melhor desempenho em dissipação de energia e estabilidade hidráulica.

FATORES	MAGNITUDE – CANALETAS DE BERMA		
	LATERITA	CONCRETO	COLCHÃO RENO
		fluxo de água e necessidade de maior durabilidade estrutural.	Velocidades máximas admissíveis de até 5.0 m/s
Durabilidade	<u>Baixa</u> . Depende da compactação e estabilização do material. Vida útil dependendo da manutenção e do regime de chuvas.	<u>Alta</u> . Alta resistência a impactos e à erosão. Pode sofrer fissuração devido a movimentação do solo ou variações térmicas. Vida útil estimada com pouca manutenção.	<u>Média a Alta</u> . Resistente à erosão e acomoda melhor pequenos recalques do solo. Depende da qualidade do preenchimento e do geotêxtil utilizado. Adequado especialmente em locais com alta carga hidráulica.
Tempo de execução (duração)	<u>Baixo</u> . Execução simples, em comparação com as outras técnicas. Exige etapas de escavação, compactação e em alguns casos, estabilização com aditivos ou vegetação.	<u>Alto</u> . Necessita de escavação, montagem de formas, armação e tempo de cura do concreto. Dependendo do tipo de concreto, pode haver necessidade de juntas de dilatação e acabamento adicional.	<u>Médio</u> . Exige transporte e posicionamento das pedras, além da montagem e fixação da malha metálica.
Custo	<u>Baixo</u> . Material geralmente disponível localmente; baixo custo de mão de obra, pois pode ser implantado com equipamentos simples.	<u>Alto</u> . Alto custo dos materiais, principalmente cimento e formas. Elevado custo de mão de obra especializada e equipamentos.	<u>Médio a Alto</u> . O custo do material pode ser elevado, especialmente se as pedras não forem encontradas localmente. A malha metálica também possui custo significativo, mas garante maior durabilidade. Exige mão de obra especializada para montagem adequada.
Susceptibilidade à Infiltração e Erosão	<u>Alta</u> . Maior suscetibilidade à erosão e infiltração. Material vulnerável principalmente em áreas com alta velocidade de escoamento superficial, podendo sofrer desagregação rápida.	<u>Baixa</u> . Alta resistência mecânica, impedindo o desgaste direto pela água. No entanto, se o fluxo for muito intenso, pode causar erosão na base e laterais da canaleta.	<u>Média</u> . Permite a infiltração entre as pedras e contribui com a redução da velocidade de escoamento superficial. Ajuda no controle da erosão, pois dissipa a energia.
Dificuldade de manutenção	<u>Alta</u> . Necessidade de reconformação do dispositivo, com recomposição de material e compactação periódica.	<u>Baixa</u> . Necessidade ocasional de desobstrução para evitar acúmulos de sedimentos. Em caso de danos estruturais, pode ser necessário refazer trechos inteiros.	<u>Média</u> . A manutenção exige mão de obra especializada e material específico, visto que pode ocorrer reconformação do enrocamento e do geotêxtil.
OPORTUNIDADES	<u>Alta</u> . A laterita exige manutenção frequente devido à degradação por intempéries e fluxo de água. Pode ocorrer assoreamento, exigindo limpeza regular, assim como recomposição e recompactação do material para manter eficiência.	<u>Baixa</u> . Baixa necessidade de manutenção se bem executada. Pode acumular sedimentos ou sofrer fissuras, indicando a necessidade de fiscalização periódica.	<u>Média</u> . Pode exigir manutenção caso ocorra deslocamento de pedras e assoreamento. Inspeção periódica para evitar entupimentos e verificar a integridade do geotêxtil.
Aderência ao plano de fechamento	<u>Média</u> . Utilização de material local favorece a reintegração ambiental sem	<u>Baixa</u> . Material artificial que não se integra facilmente ao meio e cria um contraste	<u>Alta</u> . Integra-se bem ao meio natural e pode ser coberto por vegetação, permitindo uma

FATORES	MAGNITUDE – CANALETAS DE BERMA		
	LATERITA	CONCRETO	COLCHÃO RENO
Integração Ambiental	introdução de elementos artificiais, entretanto é indicado para regiões com baixa declividade e onde há manutenção frequente. Necessidade de técnicas complementares (ex.: bioengenharia, uso de vegetação estabilizadora).	visual forte com o ambiente natural. Pode criar um efeito barreira para a fauna local, dificultando sua passagem.	recuperação gradual da área, impactando em maior possibilidade de integração para uso futuro. Estrutura flexível, adaptando-se bem a diferentes condições topográficas.
	<u>Alta</u> . Material natural, visualmente semelhante ao solo local, favorecendo a paisagem original. Pode ser revegetada nas bordas para reduzir impactos visuais e aumentar a estabilidade.	<u>Baixa</u> . Alta pegada de carbono na produção do cimento (um dos materiais mais poluentes em termos de emissões de CO ₂).	<u>Média</u> . Favorece o crescimento da vegetação entre as pedras, criando um micro-habitat natural, e assim ocasionando um comportamento mais sustentável ao longo do tempo. O uso de materiais locais para pedras reduz o impacto da deterioração e do transporte. O aço galvanizado da malha metálica pode não se integrar esteticamente ao ambiente, embora se degrade lentamente.
AMEAÇAS	Fragilidade a período de eventos climáticos extremos	<u>Alta</u> . Altamente suscetível à erosão hídrica, especialmente em eventos de chuva intensa. O transporte de sedimentos pode comprometer sua funcionalidade.	<u>Baixa</u> . Embora tenha alta resistência mecânica e baixa erosão, pode sofrer fissuras e falhas estruturais devido a variações térmicas e pressões hidráulicas extremas.
	Aumento dos impactos ambientais durante a instalação	<u>Baixo</u> . Exige movimentação de solo para implantação. Se não for estabilizado corretamente, pode gerar acúmulo de sedimentos para corpos hídricos.	<u>Alto</u> . Alto consumo energético e interferência relevante no solo, com necessidade de terraplenagem e uso de formas para moldagem.

Tabela 4 - Avaliação Qualitativa dos Materiais na Análise SWOT para as Descidas D'água e Canais Periféricos.

FATORES	MAGNITUDE – DESCIDAS D’ÁGUA E CANAIS PERIFÉRICOS		
	CONCRETO	GABIÃO	
FORÇAS	Facilidade da implantação	<u>Média</u> . Exige formas, cura do concreto e mão de obra especializada; transporte pode ser um desafio em locais remotos.	<u>Média a Alta</u> . Exige preparação de base, instalação de geotêxtil e preenchimento com enrocamento, com execução mais flexível.
	Desempenho hidráulico	<u>Alto</u> . Boa eficiência, mas pode gerar erosão nos encontros com o solo e exige a necessidade de dissipadores de energia. Velocidades máximas admissíveis de até 6.0 m/s. Indicado para áreas com alto fluxo de água e necessidade de maior durabilidade estrutural.	<u>Médio a Alto</u> . Boa resistência hidráulica e flexibilidade em terrenos instáveis. Melhor desempenho em dissipação de energia e estabilidade hidráulica, reduzindo risco de erosão a jusante. Velocidades máximas admissíveis de até 5.0 m/s
	Durabilidade	<u>Alta</u> . Alta resistência a impactos e à erosão. Pode sofrer fissuração devido a movimentação do solo ou variações térmicas. Vida útil estimada com pouca manutenção.	<u>Média a Alta</u> . Resistente à erosão e acomoda melhor pequenos recalques do solo. Depende da qualidade do preenchimento e do geotêxtil utilizado.

FATORES	MAGNITUDE – DESCIDAS D’ÁGUA E CANAIS PERIFÉRICOS	
	CONCRETO	GABIÃO
FRAQUEZAS		Adequado especialmente em locais com alta carga hidráulica.
	Tempo de execução (duração)	<u>Alto</u> . Necessita de escavação, montagem de formas, armação e tempo de cura do concreto. Dependendo do tipo de concreto, pode haver necessidade de juntas de dilatação e acabamento adicional.
	Custo	<u>Alto</u> . Alto custo dos materiais, principalmente cimento e formas. Elevado custo de mão de obra especializada e equipamentos.
	Susceptibilidade à Infiltração e Erosão	<u>Baixa</u> . Alta resistência mecânica, impedindo o desgaste direto pela água. No entanto, se o fluxo for muito intenso, pode causar erosão na base e laterais da canaleta.
OPORTUNIDADES	Dificuldade de manutenção	<u>Média</u> . Necessidade ocasional de desobstrução para evitar acúmulos de sedimentos. Em caso de danos estruturais, pode ser necessário refazer trechos inteiros.
	Periodicidade de manutenção	<u>Baixa</u> . Baixa necessidade de manutenção se bem executada. Pode acumular sedimentos ou sofrer fissuras, indicando a necessidade de fiscalização periódica.
	Aderência ao plano de fechamento	<u>Baixa</u> . Material artificial que não se integra facilmente ao meio e cria um contraste visual forte com o ambiente natural. Pode criar um efeito barreira para a fauna local, dificultando sua passagem.
AMEAÇAS	Integração Ambiental	<u>Baixa</u> . Alta pegada de carbono na produção do cimento (um dos materiais mais poluentes em termos de emissões de CO ₂).
	Fragilidade a período de eventos climáticos extremos	<u>Baixa</u> . Embora tenha alta resistência mecânica e baixa erosão, pode sofrer fissuras e falhas estruturais devido a variações térmicas e pressões hidráulicas extremas.
Aumento dos impactos ambientais durante a instalação		Adequado especialmente em locais com alta carga hidráulica.
		<u>Médio</u> . Exige transporte e posicionamento das pedras, além da montagem e fixação da malha metálica. Não exige tempo de cura.
	Custo	<u>Médio</u> . O custo do material pode ser elevado, especialmente se as pedras não forem encontradas localmente. A malha metálica também possui custo significativo, mas garante maior durabilidade. Exige mão de obra especializada para montagem adequada.
	Susceptibilidade à Infiltração e Erosão	<u>Média</u> . Permite a infiltração entre as pedras e contribui com a redução da velocidade de escoamento superficial. Ajuda no controle da erosão, pois dissipa a energia.
	Dificuldade de manutenção	<u>Média a Alta</u> . A manutenção exige mão de obra especializada e material específico, visto que pode ocorrer reconformação do enrocamento e do geotêxtil e reforço da malha metálica.
	Periodicidade de manutenção	<u>Média</u> . Pode exigir manutenção caso ocorra deslocamento de pedras e assoreamento. Inspeção periódica para evitar entupimentos e verificar a integridade do geotêxtil, assim como verificação de corrosão da malha.
	Aderência ao plano de fechamento	<u>Alta</u> . Integra-se bem ao meio natural e pode ser coberto por vegetação, permitindo uma recuperação gradual da área, impactando em maior possibilidade de integração para uso futuro. Estrutura flexível, adaptando-se bem a diferentes condições topográficas.
	Integração Ambiental	<u>Alta</u> . Favorece o crescimento da vegetação entre as pedras, criando um micro-habitat natural, e assim ocasionando um comportamento mais sustentável ao longo do tempo. O uso de materiais locais para pedras reduz o impacto da deterioração e do transporte. O aço galvanizado da malha metálica pode não se integrar esteticamente ao ambiente, embora se degrade lentamente.
	Fragilidade a período de eventos climáticos extremos	<u>Média</u> . Pode sofrer deslocamento, assoreamento e desgaste da malha em eventos extremos se não for bem ancorado. No entanto, é altamente permeável e dissipar bem a energia da água.
	Aumento dos impactos ambientais durante a instalação	<u>Médio</u> . Malha metálica pode ter impacto ambiental associado à sua produção (consumo energético na fabricação de aço galvanizado).

Tabela 5 - Avaliação Qualitativa dos Materiais na Análise SWOT para os Bueiros

FATORES		MAGNITUDE – BUEIROS	
		CONCRETO	PEAD
FORÇAS	Facilidade da implantação	<u>Baixa.</u> Requer equipamentos pesados para transporte e instalação. Exige mão de obra especializada e preparo rigoroso do solo.	<u>Alta.</u> Exige preparação de base, leve, fácil de manusear, permitindo instalação rápida, com menor necessidade de equipamentos pesados.
	Desempenho hidráulico	<u>Médio a Alto.</u> Capaz de suportar grandes vazões sem deformação. Boa resistência a abrasão e impacto de detritos no fluxo. Pode acumular sedimentos se não houver manutenção.	<u>Alto.</u> Boa condução de fluxo, mas pode precisar de maior declividade para evitar entupimentos. Pode ser menos eficiente em fluxos muito turbulentos.
	Durabilidade	<u>Média.</u> Resistente a cargas elevadas e intempéries. Não sofre degradação com exposição ao sol ou agentes químicos do solo, mas pode sofrer fissuras, esmagamentos e infiltrações nas junções.	<u>Alta.</u> Boa resistência a corrosão e abrasão. Pode sofrer deformações sob cargas excessivas se não houver compactação adequada do solo ao redor.
FRAQUEZAS	Tempo de execução (duração)	<u>Alto.</u> Processo mais lento devido ao peso das peças, necessidade de fundação reforçada e junções.	<u>Baixo.</u> Rápida instalação devido à leveza e flexibilidade do material, reduzindo o tempo total da obra.
	Custo	<u>Alto.</u> Custo elevado dos materiais, fabricação e transporte. A instalação requer mão de obra especializada, aumentando os custos.	<u>Médio.</u> Menor custo de aquisição, transporte e instalação, pois não exige maquinário pesado e é de fácil manuseio.
	Susceptibilidade à Infiltração e Erosão	<u>Média.</u> Estruturas bem seladas evitam infiltração e erosão. No entanto, pode haver erosão na base se o solo não for bem compactado.	<u>Baixa.</u> Pode ocorrer infiltração e deslocamento do tubo se a compactação do solo ao redor for inadequada, aumentando o risco de erosão na base.
	Dificuldade de manutenção	<u>Média.</u> Reparos estruturais são complexos, exigindo maquinário especializado. Uma falha pode demandar substituição completa do trecho danificado.	<u>Baixa.</u> Fácil de inspecionar, limpar e substituir. Como é mais leve e flexível, pode ser consertado sem necessidade de grandes intervenções.
OPORTUNIDADES	Periodicidade de manutenção	<u>Média.</u> Pode exigir inspeções e manutenção mais frequentes para evitar entupimentos e verificar se há deformações ou deslocamento do tubo.	<u>Baixa.</u> Estruturas bem projetadas e executadas exigem pouca manutenção ao longo dos anos, apenas inspeções periódicas.
	Aderência ao plano de fechamento	<u>Baixa.</u> Material robusto e de longa vida útil, mas artificial, dificultando a reintegração ao ambiente natural.	<u>Média.</u> Possui menor impacto ambiental e pode ser removido ou substituído com facilidade, se necessário.
	Integração Ambiental	<u>Baixa.</u> Alta pegada de carbono na produção do cimento (um dos materiais mais poluentes em termos de emissões de CO ₂). Impacto visual elevado, podendo alterar a paisagem e afetar a fauna local.	<u>Média.</u> Menos impacto visual, mais adaptável ao meio ambiente, podendo ser instalado com técnicas que preservam o fluxo natural da água.
AMEAÇAS	Fragilidade a período de eventos climáticos extremos	<u>Média.</u> Estruturas robustas resistem bem a chuvas intensas, enchentes e cargas pesadas. Se bem projetado, tem desempenho adequado mesmo em eventos extremos.	<u>Baixa.</u> Pode sofrer danos em eventos climáticos extremos, como deformação estrutural ou deslocamento do solo ao redor do tubo.
	Aumento dos impactos ambientais durante a instalação	<u>Médio.</u> Consumo elevado de recursos naturais, alto impacto no solo devido à necessidade de terraplenagem e movimentação de solo para assentamento.	<u>Baixo.</u> Instalação causa menor interferência ambiental, pois exige menos movimentação de solo e menor consumo de energia no transporte e instalação.

3.1 Matriz SWOT dos Materiais Alternativos

A

Tabela 6 a seguir apresenta a matriz SWOT final de cada dispositivo hidráulico, com a Importância das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças e sua Magnitude para cada alternativa baseada na metodologia apresentada anteriormente.

Tabela 6 - Matriz SWOT para Canaletas de Berma, Descidas d'água/Canais Periféricos e Bueiros.

FATORES		IMPOR-TÂNCIA	MAGNITUDE							
			Canaletas de Berma			Descidas d'água e Canais Periféricos		Bueiros		
			Laterita	Concreto	Colchão Reno	Concreto	Gabião	Concreto	Pead	
FORÇAS	Facilidade da implantação	3	3,00	2,00	2,00	2,00	3,00	1,00	3,00	
	Desempenho hidráulico	2	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	
	Durabilidade	3	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	
FRAQUEZAS	Tempo de execução (duração)	2	-1,00	-3,00	-3,00	-3,00	-2,00	-3,00	-1,00	
	Custo	2	-1,00	-3,00	-3,00	-3,00	-2,00	-3,00	-2,00	
	Susceptibilidade à Infiltração e Erosão	2	-3,00	-1,00	-1,00	-1,00	-2,00	-2,00	-1,00	
	Dificuldade de manutenção	3	-3,00	-1,00	-2,00	-2,00	-3,00	-2,00	-1,00	
OPORTUNIDADES	Periodicidade de manutenção	3	1,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	3,00	
	Aderência ao plano de fechamento	3	2,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	2,00	
	Integração Ambiental	3	3,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00	2,00	
AMEAÇAS	Fragilidade a período de eventos climáticos extremos	1	-3,00	-1,00	-1,00	-1,00	-2,00	-2,00	-1,00	
	Aumento dos impactos ambientais durante a instalação	2	-1,00	-3,00	-3,00	-3,00	-2,00	-2,00	-1,00	

3.2 Dispositivo de drenagem selecionado a partir da Análise SWOT

Após a confecção da matriz SWOT de cada material selecionado com a importância dos fatores e magnitudes, foi utilizada a Equação 1 para obter o valor de ranqueamento que está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 - Quadro de pontuação da Análise SWOT para os cenários.

Dispositivo de Drenagem	Material	Pontos positivos	Pontos negativos	Resultado SWOT
Canaletas de Berma	Laterita	32,00	-24,00	8,00
	Concreto	36,00	-24,00	12,00
	Colchão Reno	37,00	-24,00	13,00
Descidas d'água e Canais Periféricos	Concreto	36,00	-27,00	9,00
	Gabião	43,00	-27,00	16,00
Bueiros	Concreto	25,00	-28,00	-3,00
	PEAD	45,00	-14,00	31,00

A análise SWOT indicou que o Colchão Reno é a melhor opção para as canaletas de berma, o gabião para as descidas d'água e canais periféricos, e o PEAD para os bueiros. Essa escolha se deve ao fato de apresentarem o maior valor de ranqueamento, com pontuação positiva elevada (Forças + Oportunidades) e menor pontuação negativa, destacando-se em relação às demais alternativas.

4. CONCLUSÕES

A aplicação da matriz SWOT no processo de seleção de materiais para dispositivos de drenagem superficial mostrou-se uma abordagem eficaz para apoiar a tomada de decisão em projetos de engenharia. A análise estruturada dos fatores internos (forças e fraquezas) e externos (oportunidades e ameaças) permitiu uma avaliação comparativa abrangente das alternativas disponíveis, considerando não apenas o desempenho técnico, mas também aspectos ambientais, econômicos e de manutenção.

Os resultados indicaram que o colchão de Reno oferece o melhor equilíbrio entre desempenho hidráulico, durabilidade e integração ambiental para canaletas de berma. Para descidas d'água e canais periféricos, o gabião destacou-se por sua flexibilidade, eficiência em dissipação de energia e boa integração com o meio natural. Nos bueiros, a solução em PEAD apresentou vantagens significativas em facilidade de instalação, custo reduzido e baixa necessidade de manutenção.

Além de orientar a seleção de materiais em contextos específicos, a abordagem SWOT demonstrou potencial para antecipar riscos e identificar oportunidades, contribuindo para soluções de drenagem mais resilientes e sustentáveis. Como recomendação, sugere-se que futuras análises integrem também critérios de ciclo de vida e emissões de carbono, ampliando ainda mais a perspectiva de sustentabilidade na seleção de materiais para sistemas de drenagem.

REFERÊNCIAS

AMIN, S.H.; RAZMI, J.; ZHANG, G. (2011). Supplier selection and order allocation based on fuzzy SWOT analysis and fuzzy linear programming. *Expert Systems with Applications*, 38 (1), 334-342. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.071>.

LOPES, B.L.V.; TEIXEIRA, B.A.N. (2021). Gestão de águas pluviais em áreas já urbanizadas: Aplicação da Matriz SWOT para a caracterização de Técnicas Compensatórias. *Engenharia Urbana Em Debate*, 2(1), 70–80. <https://doi.org/10.59550/engurbdebate.v2i1.9>

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a TPF Engenharia pelo apoio técnico e institucional que possibilitou a realização deste estudo.