

ESTUDO DA ERODIBILIDADE DE UMA VOÇOROCA NO BAIRRO LINHARES EM JUIZ DE FORA (MG)

Gustavo Leone Marasco Alves¹; Karolyne dos Santos Balbino Cordeiro²; Tatiana Tavares Rodriguez³

Resumo – O presente estudo analisa a erodibilidade do solo em uma voçoroca situada no bairro Linhares, em Juiz de Fora (MG), cuja gênese está atrelada a intervenções antrópicas irregulares. A pesquisa evidencia os impactos ambientais e socioeconômicos decorrentes desse processo erosivo, tais como carreamento de sedimentos, comprometimento da infraestrutura urbana e riscos à segurança da população local. A investigação fundamenta-se na caracterização física do solo por meio de ensaios laboratoriais, abrangendo análises granulométricas, determinação dos limites de Atterberg e testes específicos, como o *crumb test* e o ensaio de desagregação. Além disso, os dados foram comparados a correlações empíricas disponíveis na literatura. Os resultados obtidos revelam uma acentuada suscetibilidade à erosão nos solos dos platôs 1 e 4, favorecendo a progressão da voçoroca e a intensificação da degradação ambiental, ao passo que os solos dos platôs 2 e 3 demonstram maior resistência aos processos erosivos. No entanto, as correlações entre os ensaios de caracterização física não apresentaram resultados satisfatórios, possivelmente devido à presença de argila dispersiva, que influencia diretamente a resistência do solo à erosão. Diante desse cenário, o estudo reforça a necessidade de adoção de estratégias mitigadoras, tais como a reconfiguração geométrica dos taludes, a implementação de sistemas de drenagem e a revegetação da área degradada. Tais medidas se mostram essenciais para conter a evolução do processo erosivo e mitigar os impactos ambientais, garantindo maior estabilidade geotécnica e promovendo a segurança e o bem-estar da comunidade afetada.

Abstract – This study analyzes soil erodibility in a gully located in the Linhares neighborhood of Juiz de Fora, MG, whose genesis is linked to irregular anthropogenic interventions. The research highlights the environmental and socio-economic impacts resulting from this erosional process, such as sediment transport, urban infrastructure degradation, and risks to local population safety. The investigation is based on the physical characterization of the soil through laboratory tests, including granulometric analysis, Atterberg limits determination, and specific tests such as the *crumb test* and disaggregation test. Additionally, the data were compared with empirical correlations available in the literature. The results reveal a high susceptibility to erosion in the soils of plateaus 1 and 4, favoring gully progression and intensifying environmental degradation, whereas the soils of plateaus 2 and 3 exhibit greater resistance to erosional processes. However, the correlations between the physical characterization tests did not yield satisfactory results, possibly due to the presence of dispersive clay, which directly influences soil resistance to erosion. Given this scenario, the study reinforces the need for mitigation strategies, such as slope reconfiguration, the implementation of drainage systems, and the revegetation of the degraded area. These measures are essential to contain the progression of the erosional process and mitigate environmental impacts, ensuring greater geotechnical stability while promoting the safety and well-being of the affected community.

Palavras-Chave – Voçoroca; Processos erosivos; Erodibilidade; Degradação ambiental.

¹ Estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 99173-0151, gustavo.leone@estudante.ufjf.br

² Estudante, Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 99952-4944, karolyne.santos@estudante.ufjf.br

³ Professora, DSc., Universidade Federal de Juiz de Fora, (21) 2102-3425, tatiana.rodriguez@ufjf.br

1. INTRODUÇÃO

Tratando-se de feições erosivas causadas principalmente pela ação da chuva, a voçoroca é o estágio mais severo desse processo erosivo, caracterizada por fendas profundas no solo, com grandes dimensões, que surgem e se desenvolvem quando o escoamento superficial da água se concentra em canais, promovendo a remoção intensa de material do terreno. Esse processo ocorre de forma progressiva, muitas vezes influenciado pelo tipo de solo, relevo, clima e uso e ocupação do solo. Assim, intervenções humanas inadequadas e a baixa resistência dos solos à ação da água, especialmente quando há ausência de cobertura vegetal, aumenta sua susceptibilidade à desagregação (Mascarenha *et al.*, 2023).

O estudo da erosão dos solos reveste-se de grande relevância, sobretudo diante dos impactos ambientais, sociais e econômicos intrínsecos ao processo erosivo. Entre as principais consequências destacam-se a perda da fertilidade do solo, o assoreamento de corpos hídricos, a ocorrência de deslizamentos, a interrupção de vias públicas e a exposição ou rompimento de infraestruturas subterrâneas (Mascarenha *et al.*, 2023). A compreensão das características geotécnicas que favorecem tais processos é, portanto, essencial para a formulação de estratégias de prevenção e mitigação de danos.

Nesse sentido, uma voçoroca localizada no município de Juiz de Fora (MG), no bairro Linhares, resultante de intervenções antrópicas irregulares, têm gerado impactos negativos para a população local, devido ao carreamento de solo advindo do processo erosivo contínuo. O objetivo deste trabalho é realizar a avaliação da erodibilidade dos solos que compõem a voçoroca na região da Rua Diva Garcia através de ensaios de caracterização física, dispersão, desagregação e compará-los com correlações empíricas propostas pela literatura. A análise dessa voçoroca é de extrema importância para compreender os mecanismos de erosão e, assim, planejar soluções para mitigar os impactos negativos dessa degradação ambiental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A erodibilidade do solo desempenha um papel crucial na dinâmica dos processos erosivos, especialmente em áreas suscetíveis à degradação. Sua análise permite entender a resposta dos solos à ação das chuvas, influenciando a formação de voçorocas e outras feições erosivas. Segundo Mascarenha *et al.* (2023), a erodibilidade está associada à resistência do solo à erosão e depende de propriedades físicas e químicas, como textura, estrutura, estabilidade dos agregados, teor de matéria orgânica, mineralogia, composição química, permeabilidade, compactação, pedologia e sucção.

A vulnerabilidade do solo à erosão causada pela água depende da textura dos grãos que o solo contém, podendo variar na seguinte ordem crescente, de acordo o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS): pedregulho bem graduado, pedregulho mal graduado, areia bem graduada, pedregulho siltoso, argila de alta plasticidade, argila de baixa plasticidade, solo orgânico de baixa plasticidade, silte de alta plasticidade, areia argilosa, areia siltosa e silte de baixa plasticidade (Ross, 1992). A estabilidade dos agregados também é determinante, pois reduz o impacto das gotas de chuva e minimiza a formação de crostas superficiais (Guerra, 1999).

Quanto à granulometria, solos arenosos, devido à baixa coesão entre partículas, são mais propensos à erosão, enquanto solos argilosos, mais coesos, apresentam menor vulnerabilidade (Ross, 1992). A permeabilidade permite maior infiltração, reduzindo o escoamento superficial e a erosão (Conciani, 2008). Além disso, os limites de Atterberg estão intrinsecamente ligados à estrutura e erodibilidade dos solos (Stanchi *et al.*, 2012 *apud* Oliveira e Araújo, 2018).

Portanto, a compreensão dessas propriedades é relevante para a formulação de estratégias eficientes de conservação do solo e prevenção da degradação ambiental. Nesse sentido, diversos ensaios geotécnicos qualitativos são conduzidos para avaliar a suscetibilidade dos solos aos processos erosivos, entre os quais destacam-se: o *crumb test*, o ensaio sedimentométrico comparativo, o *pinhole test*, os testes de desagregação, os ensaios de adsorção e perda de massa por imersão, o teste de estabilidade de agregados e o ensaio de compressão diametral (Mascarenha *et al.*, 2023).

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi conduzido em um terreno irregular localizado na Rua Diva Garcia, principal via do bairro Linhares, no município de Juiz de Fora, Minas Gerais. O bairro Linhares está situado na região de planejamento leste do município e, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) e da Secretaria de Planejamento e Gestão de Juiz de Fora (SEPLAG-JF, 2019), possui uma extensão territorial de 857,09 hectares, abrigando uma população de 14.512 habitantes, com densidade demográfica de 16,93 habitantes por hectare.

A escolha do local se justifica pelo cenário crítico gerado por intervenções irregulares realizadas na área, especificamente no processo de loteamento que envolveu obras de terraplenagem para a preparação dos terrenos visando a comercialização. Essas intervenções resultaram na formação de uma voçoroca, o que gerou impactos negativos para os moradores da Rua Diva Garcia. Durante o período chuvoso, o solo da voçoroca foi transportado, provocando a invasão de lama e enxurradas nas residências, comprometendo a circulação de pedestres e veículos. A gravidade do evento foi destacada em uma reportagem de vídeo do *Globoplay* (GLOBO, 2024), que retratou o impacto da voçoroca na comunidade local, evidenciando os danos ambientais e sociais decorrentes da degradação do solo e da infraestrutura da área afetada. A situação de vulnerabilidade dos moradores e os danos ambientais são claros, reforçando a necessidade urgente de medidas de mitigação e prevenção.

A voçoroca está localizada a uma altitude de 824 m, com área aproximada de 74,24 m², perímetro de aproximadamente 64,42 m e coordenadas geográficas estimadas em 21°43'04"S de latitude e 43°19'16"W de longitude, conforme informações obtidas por meio do Google Earth. A Figura 1, apresenta o comparativo da área afetada antes e depois das obras irregulares que foi um fator primordial para desencadeamento do processo erosivo. Ainda, na imagem da direita é possível observar a mancha de solo que foi carreado para a Rua Diva Garcia. Na Figura 2, apresenta-se registro fotográfico da região a montante e o corpo da voçoroca.

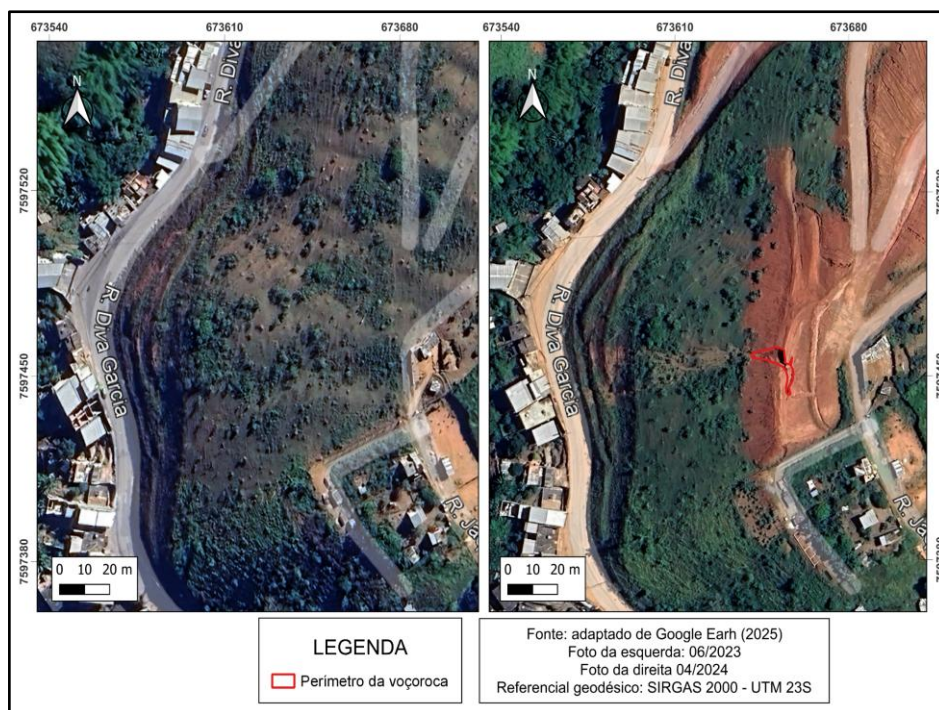


Figura 1. Mapa comparativo do local de formação da voçoroca em 2023 e 2024 (Autores, 2025).



Figura 2. Registro fotográfico da voçoroca (Autores, 2025).

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo e pontos de coleta de amostras

Com o objetivo de realizar uma análise detalhada das propriedades geotécnicas e dos processos erosivos, foram coletadas e analisadas amostras deformadas e indeformadas em diferentes locais da voçoroca, que foi dividida em 4 platôs teóricos. Partindo de jusante para montante da voçoroca, foram coletadas amostras do lado direito e esquerdo de todos os platôs (Figura 3).

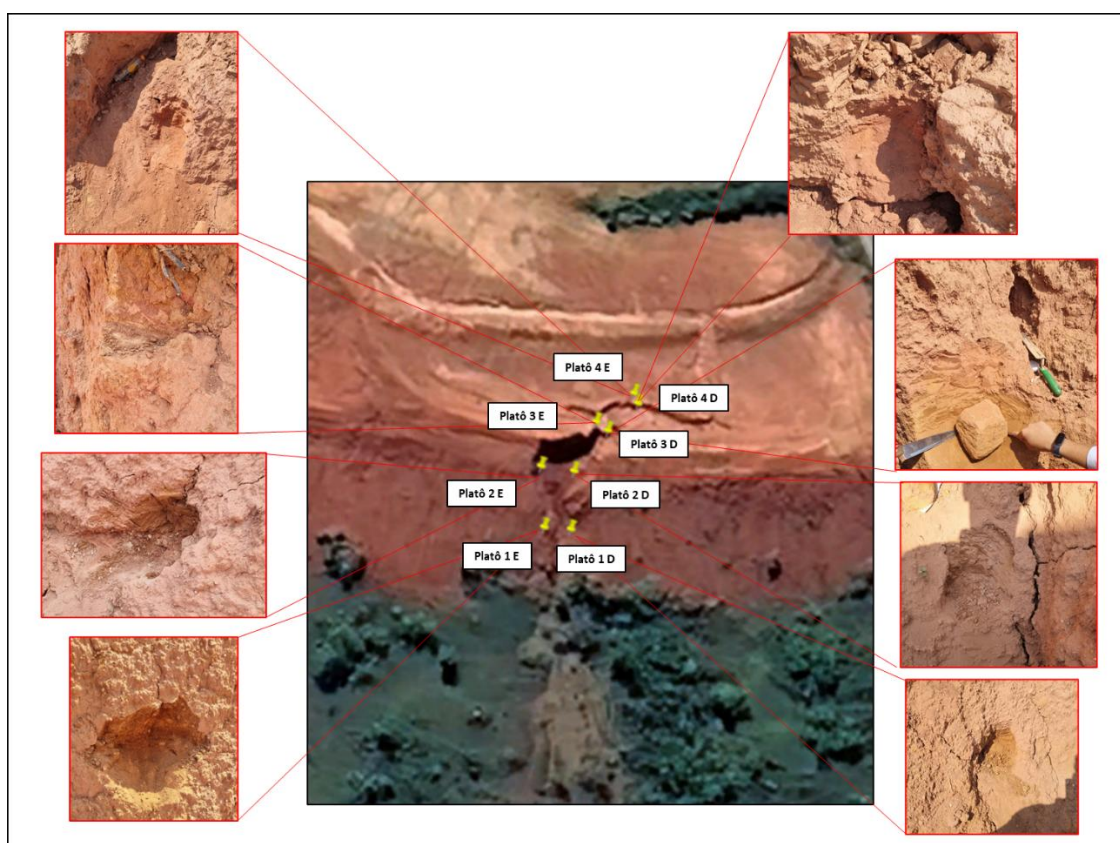


Figura 3. Setorização da voçoroca em platôs e registro do local de coleta das amostras (Autores, 2025).

4.2. Ensaios de caracterização física

O processo para caracterização física do solo envolveu a coleta de oito amostras deformadas de solo, sendo duas amostras por platô: uma da lateral direita e outra da lateral esquerda. Essa abordagem possibilitou uma avaliação comparativa das variações do solo nas

diferentes áreas internas da voçoroca. As amostras coletadas foram preparadas em conformidade com as normas estabelecidas pela NBR 6457 da ABNT (2024). A massa específica dos sólidos foi obtida pela NBR 6458 da ABNT (2025) e a análise granulométrica seguiu as diretrizes da NBR 7181 da ABNT (2025). A determinação do limite de liquidez foi realizada conforme a NBR 6459 da ABNT (2016) e o limite de plasticidade, conforme a NBR 7180 da ABNT (2016).

4.3. Ensaios específicos para avaliação da erodibilidade

A avaliação da erodibilidade dos solos foi conduzida a partir dos ensaios de desagregação e de dispersão (*crumb test*). Assim, foram coletadas doze amostras indeformadas: quatro blocos cúbicos de 6 cm x 6 cm (do lado direito de cada platô) para a realização do ensaio de desagregação e oito esferas de 3 cm de diâmetro (duas por platô) para o ensaio de dispersão. O ensaio de desagregação foi realizado conforme a metodologia descrita por Mascarenha *et al.* (2023), utilizando amostras cúbicas de 6 cm de aresta, as quais foram dispostas em bandejas com imersão gradual em água. Para a análise de dispersibilidade dos solos, foi realizado o *crumb test*, conforme proposto pela norma NBR 13601 da ABNT (2020), sendo a esfera de solo imersa em água destilada e em solução de NaOH (hidróxido de sódio).

4.4. Correlações para determinação da erodibilidade dos solos

Algumas correlações foram estabelecidas por autores ao longo dos anos para avaliar a erodibilidade dos solos através da análise granulométrica e dos limites de Atterberg. No presente artigo foram analisadas seis correlações, sendo cinco delas resumidas na Tabela 1.

Tabela 1. Correlações propostas por autores para avaliação da erodibilidade dos solos (adaptado de Neves, Rodriguez e Silva, 2020).

Autor(es)	Correlações
1: Meirelles (1967) <i>apud</i> Stephan (2010)	Solos com LL $\leq 21\%$ e IP $\leq 8\%$ são considerados fortemente erodíveis. Solos com % passante na peneira 200, $\leq 20\%$ são fortemente erodíveis; $>40\%$ são pouco erodíveis; e o intervalo de 20% à 40% são passíveis de forte erosão.
2: Santos e Castro (1967) <i>apud</i> Stephan (2010)	Solos com LL $\leq 50\%$ e IP próximo de 20% são considerados altamente erodíveis.
3: Gray e Leiser (1989) <i>apud</i> Oliveira e Araújo (2018)	Estabelecem uma ordem de erodibilidade do solo, a partir da classificação SUCS, em ordem decrescente da esquerda para direita tem-se: ML > SM > SC > MH > OL > CL > CH > GM > SW > GP > GW
4: Bastos (1999)	Solos com % passante na peneira #200 $\leq 55\%$, são potencialmente erodíveis. Solos com IP $< 10\%$ são considerados potencialmente erodíveis.
5: Fragassi (2001) e Mendes (2006)	Solos com LP $\leq 32\%$ e IP $\leq 17\%$ apresentam comportamento bom a regular quanto a resistência à erosão.

Onde: LL - limite de liquidez; LP - limite de plasticidade; IP - índice de plasticidade.

O fator de erodibilidade dos solos (K) expresso em t.ha.h/ha.MJ.mm, será a sexta correlação analisada no artigo, pode ser calculado de forma indireta utilizando a equação de Bouyoucos (1935), conforme proposto por Mannigel *et al.* (2002) e exposto na Equação 1, que relaciona a porcentagem das frações granulométricas presentes no solo. Com isso, o fator foi classificado da seguinte forma: a) extremamente alto para o fator K maior do que 0,060 t.ha.h/ha.MJ.mm; b) muito alto para valores de K entre 0,045 e 0,060 t.ha.h/ha.MJ.mm; c) alto para valores de K entre 0,030 e 0,045 t.ha.h/ha.MJ.mm; d) médio para valores de K entre 0,0150 e 0,0300 t.ha.h/ha.MJ.mm; e) baixo para valores de K entre 0,0090 e 0,0150 t.ha.h/ha.MJ.mm, e f) muito baixo para valores de K menores do que 0,0090 t.ha.h/ha.MJ.mm.

$$K = \left(\frac{\% \text{ areia} + \% \text{ silte}}{\% \text{ argila}} \right) / 100$$

(Equação 1)

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização física dos solos

Os resultados dos ensaios de caracterização física realizados encontram-se resumidos na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo dos resultados obtidos para os ensaios de caracterização física dos solos (Autores, 2025).

Identificação do solo		Composição granulométrica (Escala ABNT)						Limites de Atterberg			Class. SUCS
		Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
Platô 1	Esquerda	58	11	18	12	1	0	46	34	12	ML
	Direita	44	17	19	17	2	1	40	26	14	ML
Platô 2	Esquerda	29	26	21	21	2	0	38	26	12	ML
	Direita	40	20	23	16	0	0	39	30	9	ML
Platô 3	Esquerda	44	22	22	12	0	0	36	23	13	CL
	Direita	28	22	32	17	1	0	31	20	11	CL
Platô 4	Esquerda	25	28	28	17	1	0	32	17	15	CL
	Direita	21	29	28	19	2	0	31	22	9	CL

Onde: LL - limite de liquidez; LP - limite de plasticidade; IP - índice de plasticidade; ML - silte de baixa plasticidade; CL - argila de baixa plasticidade.

5.2. Avaliação da erodibilidade – ensaios específicos de laboratório

A partir do *crumb test* e do ensaio de desagregação, os solos foram classificados de acordo com seu grau de dispersividade e resposta quanto ao aumento no nível de água. A Tabela 3 resume os resultados dos ensaios. Além disso, a Figura 4 evidencia os solos no estágio inicial e final do ensaio de desagregação.

Tabela 3. Resultados do *crumb test* e ensaio de desagregação (Autores, 2025).

Identificação do solo	<i>Crumb Test</i>		Ensaio de desagregação Resposta
	NaOH	Água destilada	
Platô 1	Grau 3 - moderadamente dispersivo.	Grau 1- não dispersivo.	Abatimento, dispersão e fraturamento total na imersão completa.
Platô 2	Grau 3 - moderadamente dispersivo.	Grau 1- não dispersivo.	Sem resposta até imersão completa.
Platô 3	Grau 1- não dispersivo.	Grau 1- não dispersivo.	Sem resposta até imersão completa.
Platô 4	Grau 4 - altamente dispersivo.	Grau 3- moderadamente dispersivo.	Abatimento total, dispersão e fraturamento para água até ⅓ da altura.

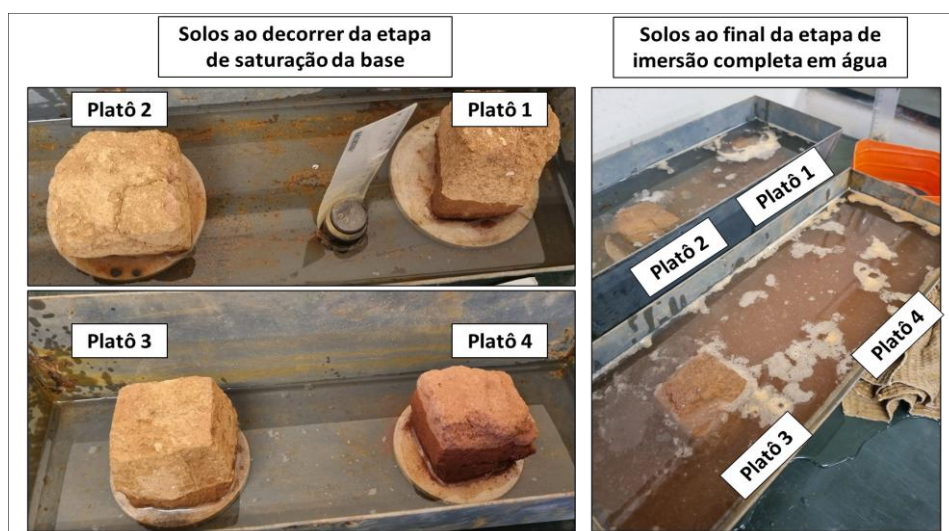


Figura 4. Solos coletados na voçoroca ao início e final do ensaio de desagregação (Autores, 2025).

5.3. Classificação da erodibilidade – correlações empíricas

Os resultados das correlações para determinação da erodibilidade dos solos estão consolidados na Tabela 4.

Tabela 4. Resultados das correlações para análise da erodibilidade dos solos (Autores, 2025).

Identificação do Solo		Correlações					
		1	2	3	4	5	6
Platô 1	Esquerda	PE	AE	AE	PE	E	K=0,0072 (PE)
	Direita	PE	AE	AE	PE	E	K= 0,0125 (PE)
Platô 2	Esquerda	PE	AE	AE	PE	E	K= 0,0241 (E)
	Direita	PE	AE	AE	E	E	K=0,0148 (PE)
Platô 3	Esquerda	PE	AE	E	PE	E	K= 0,0127 (PE)
	Direita	PE	AE	E	E	PE	K= 0,0257 (PE)
Platô 4	Esquerda	PE	AE	E	PE	PE	K= 0,0296 (E)
	Direita	PE	AE	E	E	PE	K= 0,0371 (AE)

Onde: PE - pouco erodível; E - erodível; AE - altamente erodível.

5.4. Discussão dos resultados

A partir dos resultados do ensaio *crumb test* e de desagregação (Tabela 3), é possível afirmar que o solo que compõem o platô 1 e 4 da voçoroca são suscetíveis a erosão hídrica, apresentando dispersão, abatimento e fraturamento quando imersos em água, o que contribuiu para o desenvolvimento da voçoroca a jusante e a ramificação que está se estendendo para montante, local onde foram coletadas as amostras do platô 4. Já os solos que compõem os platôs 2 e 3, não apresentaram resposta significativa nos ensaios conduzidos, apenas destaca-se que o solo do platô 2 foi classificado como Grau 3 para o *crumb test* em solução de NaOH. Tal resposta pode ser explicada pela ação dos íons de sódio que reduz as forças de atração entre as partículas sólidas (Mascarenha *et al.*, 2023). Dessa forma, entre os platôs 2 e 3, foi observado em campo um “estrangulamento” da seção interna da voçoroca, condição comprovada pelos ensaios que apontaram menor suscetibilidade à erosão para esses solos.

Os resultados das correlações avaliadas para determinação da erodibilidade dos solos apresentaram grande divergência. As correlações 1 e 6, propostas por Meirelles (1967) *apud* Stephan (2010) e Mannigel *et al.* (2002), respectivamente, levam em consideração principalmente a granulometria dos solos, mas não consideram a presença de argila dispersiva. Logo, como os solos analisados possuem quantidade significativa de argila, são classificados como pouco erodíveis, mas os resultados dos ensaios *crumb test* e de desagregação apontaram a presença de

argila dispersiva nos solos que compõem os platôs 1 e 4, o que os tornam mais suscetíveis a erosão. De um modo geral, as correlações analisadas não apresentaram boa aderência aos resultados obtidos por meios dos ensaios empregados. Dessa forma, evidenciam-se as limitações da aplicação das correlações empíricas analisadas, já que os resultados obtidos foram baseados em contextos e tipos de solos específicos, considerando predominantemente a análise granulométrica e desconsiderando aspectos microestruturais, como a presença de certos minerais que podem influenciar significativamente as propriedades dos solos.

5.5. Plano de recuperação preliminar da área degradada

Segundo Magalhães *et al.* (2024), uma abordagem eficaz para a mitigação de processos erosivos em voçorocas inclui a realização de ensaios de caracterização física, dispersão, desagregação, caracterização química, cisalhamento direto (ou correlato) e ensaio de Inderbitzen. Dessa forma é possível identificar as características físicas e químicas dos solos, entender sua tendência frente as ações erosivas, definir os parâmetros de resistência e realizar as análises de estabilidade dos taludes. Pode-se então partir para etapa de terraplanagem (retaludamento), na qual a reconstrução dos taludes é realizada por meio de cortes e aterros, com o objetivo de reduzir a inclinação das encostas e evitar deslizamentos, garantindo maior estabilidade à área degradada. Ainda, é essencial a instalação de sistemas de drenagem, com a implantação de canaletas estrategicamente posicionadas na base e na parte superior do talude, para direcionar o escoamento superficial e reduzir o impacto da água sobre o solo, minimizando a erosão. Magalhães *et al.* (2024) também destacam que essas técnicas devem ser acompanhadas pelo plantio de vegetação, o que facilita a infiltração de água no solo e contribui para a recuperação da biodiversidade local. O uso de geossintéticos também se mostra satisfatório para mitigação de processos erosivos, como apontado por Carrolo (2024) e Soares *et al.* (2020). No entanto, a aplicação desses materiais na recuperação de áreas degradadas ainda é uma discussão, visto a gama de variáveis que devem ser levadas em consideração, como o tipo de solo, topografia e principalmente a durabilidade (Oliveira, 2024).

Com as informações preliminares obtidas até o momento, acredita-se que um caminho possível para a elaboração de um projeto de recuperação da área poderia considerar a variabilidade espacial da suscetibilidade dos solos à erosão, direcionando de forma gradativa os estudos e intervenções conforme o comportamento observado em cada platô da voçoroca. Os platôs 4 e 1, apresentaram maior criticidade, devido à baixa resistência frente à erosão hídrica evidenciada pela resposta de dispersão e fraturamento nos ensaios realizados, exigindo intervenções prioritárias. No caso dos platôs 2 e 3, poderia ser realizado monitoramento contínuo para avaliação da condição assumida com os ensaios de laboratório. No entanto, reforça-se a necessidade de investigações geotécnicas complementares para embasar tecnicamente a definição de soluções mais adequadas e seguras, levando em consideração a condição do local.

6. CONCLUSÕES

A análise realizada confirma a suscetibilidade de alguns solos da área de estudo à erosão hídrica, sendo a formação da voçoroca influenciada por fatores naturais e antrópicos. Os resultados dos ensaios demonstram que a dispersão e a desagregação do solo contribuem significativamente para o avanço do processo erosivo, agravado pela ausência de cobertura vegetal e pela dinâmica das águas superficiais. Os ensaios de desagregação e dispersão possibilitaram identificar o caráter erodível dos solos dos platôs que compõem a voçoroca, sendo os platôs 1 e 4 compostos por solos mais suscetíveis a erosão e os platôs 2 e 3, menos suscetíveis, característica essa confirmada pela observação de campo. Por outro lado, as correlações com os ensaios de caracterização física não mostraram bons resultados devido, por exemplo, à ocorrência de argila dispersiva que influencia diretamente na capacidade dos solos de resistir à erosão, atributo não levado em consideração pelas correlações.

Com a realização do presente trabalho, espera-se contribuir para a área da geotecnia ao evidenciar a importância de ensaios específicos, como o *crumb test* e o ensaio de desagregação, na avaliação da suscetibilidade à erosão de solos. Ademais, ao se analisar o uso de correlações empíricas, destaca-se a necessidade de sua aplicação com discernimento, considerando suas

limitações e a adequação ao contexto geotécnico estudado. Para além dos aspectos técnicos abordados, evidencia-se uma condição que compromete diretamente a qualidade de vida dos moradores do bairro Linhares, em Juiz de Fora, sobretudo pela restrição da mobilidade urbana e pelos riscos decorrentes do avanço da degradação. A readequação da área impactada configura-se como uma medida essencial para a promoção da segurança urbana, valorização do entorno e redução da vulnerabilidade socioambiental da região.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Juiz de Fora pelo ensino gratuito e de qualidade, e ainda ao apoio do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Civil (PET Civil) financiado pelo Ministério da Educação (MEC). Além disso, os autores agradecem à Defesa Civil de Juiz de Fora por viabilizar o acesso à área estudada.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13601:2020 – Solo – Avaliação da Dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio de torrão (*crumbtest*). Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457:2024 – Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6458:2025 – Solo – Determinação da massa específica dos grãos por meio do picnômetro. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459:2016 – Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180:2016 – Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181:2025 – Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2025.

BASTOS, C. A. B. Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2978/000242000.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 fev. de 2025.

BOUYOUCOS, G. J. The Clay Ratio as a Criterion of Susceptibility of Soils to Erosion. *Agronomy Journal*, v. 27, n. 9, p. 738-741, 1935. Disponível em: <<https://doi.org/10.2134/agronj1935.00021962002700090007x>>. Acesso em: 09 de nov. 2024.

CARROLO, Fátima da Conceição. Utilização de geossintéticos no controlo da erosão. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2024. Disponível em: <<https://estudogeral.uc.pt/retrieve/277715/Utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20geossint%C3%A9ticos%20no%20controlo%20da%20eros%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 15 de jun. 2025.

CONCIANI, W. (2008) Processos Erosivos: conceitos e ações de controle. Editora CEFET/MT, Cuiabá, 148p.

FRAGASSI, P. F. M. Estudo da Erodibilidade dos solos residuais de gnaiss da Serra de São Geraldo e de Viçosa (MG). Tese (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2001. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/11148>>. Acesso em: 10 de fev. 2025.

GLOBO. Obra irregular causa transtorno no Bairro Linhares, em Juiz de Fora. *Globoplay*, 2024. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/12382781/>>. Acesso em: 07 de set. 2024.

GUERRA, A.J.T. (1999). O Início do Processo Erosivo. GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S. & BOTELHO, R.G.M. (eds), *Erosão e Conservação dos Solos*, Rio de Janeiro, p. 17-55.

- MAGALHÃES, Letícia Rodrigues Pimentel; NEVES, Sumáya Karla Faria; SILVA, Jonathas Batista Gonçalves; RODRIGUEZ, Tatiana Tavares. A importância da realização de ensaios geotécnicos para elaboração de Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAMSEG), Balneário Camboriú, SC, 2023. Disponível em: <<https://cobramseg.com.br/evento/cobramseg2024/trabalhosaprovados/naintegra/356>>. Acesso em: 12 de dez. 2024.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. P.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1335-1340, 2002. Disponível em: <<https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2374>>. Acesso em: 09 de fev. 2025.
- MASCARENHA, M. M. dos A.; MAHLER, C. F.; LAFAYETTE, K. P. V.; NACINOVIC, M. G. G.; BANDEIRA, A. P. N.; ALMEIDA, J. G. R. Solos Não Saturados No Contexto Geotécnico. In: CARVALHO, J. C. *et al.* (Org.). Solos Não Saturados No Contexto Geotécnico. São Paulo: ABMS, 2023. Cap. 24, p. 826-865. ISBN 978-65-992098-3-3.
- MENDES, C. A. R. Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim – RJ. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/lgcs/producao/gevasio/2006/4.pdf>>. Acesso em 10 de fev. 2025.
- NEVES, Sumáya Karla Faria; RODRIGUEZ, Tatiana Tavares; SILVA, Jonathas Batista Gonçalves. Avaliação da erodibilidade dos solos de uma voçoroca localizada no município de Lagoa Dourada - MG. In: XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Campinas, SP, 15-18 set. 2020. Disponível em: <<https://proceedings.science/cobramseg-2022/trabalhos/avaliacao-da-erodibilidade-dos-solos-de-uma-vocoroca-localizada-no-municipio-de?lang=pt-br>>. Acesso em: 10 de fev. 2025.
- OLIVEIRA, Felipe Ferreira; ARAÚJO, Rodrigo da Cruz. Uso de parâmetros geotécnicos como indicadores da erodibilidade de solos. Geotecnia, n. 142, p. 63-75, mar. 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.24849/j.geot.2018.142.03>>. Acesso em: 05 de fev. 2025.
- OLIVEIRA, Sarah Alves; SILVA, Rodrigo Coelho e. Geossintéticos na recuperação de áreas degradadas e contaminadas. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 9, 2024. ISSN 2178-6925. Acesso em: 15 de jun. 2025.
- PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Relatório da Região Leste. Prefeitura de Juiz de Fora, 2025. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/desenvolvimentodoterritorio/dados/rp_leste.php>. Acesso em: 20 de mar. 2025.
- ROSS, J.L.S. (1992). O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. Revista do Departamento de Geografia, (6): 63-74.
- SOARES, Mateus Henrique Sottani *et al.* Emprego de geossintéticos para proteção e estabilização de processos erosivos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 20., 2020, Campinas. Anais [...]. Campinas: ABMS, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.4322/cobramseg.2022.0030>>. Acesso em: 05 de jun. 2025.
- STEPHAN, A. M. Análise de processos erosivos superficiais por meio de ensaios de Inderbitzen. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010. Disponível em: <<https://locus.ufv.br/items/1f4574ef-579b-4411-8a13-70851f735bed/full>>. Acesso em: 15 de fev. 2025.