



Mercator - Revista de Geografia da UFC  
ISSN:  
ISSN: 1984-2201  
edantas@ufc.br  
Universidade Federal do Ceará  
Brasil

## CRONOLOGIA DOS TALUDES QUARTZÍTICOS DE MINAS GERAIS, BRASIL

**Carlos Rodrigues, Sylvio**

**Cristina dos Santos, Fabiana**

CRONOLOGIA DOS TALUDES QUARTZÍTICOS DE MINAS GERAIS, BRASIL

Mercator - Revista de Geografia da UFC, vol. 21, núm. 1, pp. 1-18, 2022

Universidade Federal do Ceará

Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273674020021>

# CRONOLOGIA DOS TALUDES QUARTZÍTICOS DE MINAS GERAIS, BRASIL

*Sylvio Carlos Rodrigues*

silgel@ufu.br

*Fabiana Cristina dos Santos*

silgel@ufu.br



Acceso abierto diamante

## Abstract

Relevos quartzíticos desenvolvidos em clima de savana tropical tendem a ter depósitos sedimentares rasos. Isso se deve aos processos de intemperismo de baixo nível das rochas quartzíticas e à formação de rampas de colúvio nas encostas. Este estudo tem como objetivo determinar as características dos materiais colúviais, particularmente o tamanho de grão, e analisar a cronologia dos sedimentos acima da saprolita, buscando identificar taxas de acumulação e fazer correlações com a dinâmica da evolução geomorfológica recente da cordilheira Canastra em Minas Gerais, Brasil. Amostras coletadas em diferentes posições morfológicas foram submetidas à análise granulométrica e datadas por Regeneração de Alíquotas Únicas de Luminescência Ópticamente Estimulada (OSL/SAR) e datação por radiocarbono. A análise granulométrica mostrou predominância de materiais arenosos e britas e demonstrou que as rampas colúviais na área de estudo contêm materiais derivados da decomposição de rochas quartzíticas, acumulados em perfis rasos e arenosos. A datação LOE/SAR indicou idades entre o final do Pleistoceno, não excedendo 30.500 +/- 4.950 BP, a 500 anos AP, enquanto a datação <sup>14</sup>C mostrou idades entre 4460 +/- 30 BP e 1140 +/- 30 BP. Estes dados indicam que os depósitos da área de estudo são relativamente recentes, o que demonstra que variações no processo de intemperismo e formação de depósitos sofreram mudanças recentes, provavelmente devido a flutuações climáticas e mudanças no regime hidrológico regional.

**Keywords:** Linha Canastra, Reconstrução Paleogeomorfológica, Intemperismo de Quartzitos, OSL, Cordilheira Tropical.

## Resumo

Os relés de montanhas quartzíticas desenvolvidas em clima de savana tropical tendem a ter baixos depósitos sedimentares. Isso se deve aos processos de intemperismo de baixo nível das rochas quartzíticas e à formação de rampas de colúvio nas encostas. O objetivo deste estudo foi determinar as características dos materiais colúviais, principalmente granulometria, e analisar a cronologia sedimentar do saprólito, buscando identificar os táxons de acumulação e fazer correlações com a dinâmica da evolução geomorfológica da Serra da Canastra em Minas Gerais, Brasil. As posições morfológicas foram submetidas à análise granulométrica e datadas por Single Illumination Regeneration by Onically Stimulated Luminescence (OSL/SAR) e datação por radiocarbono. A análise granulométrica mostrou predominância de materiais arenosos e pedregosos, e mostrou que as rampas colúviais da área de estudo contêm materiais derivados da decomposição de rochas quartzíticas, acumulados em superfícies planas e arenosas. Os dados de LOE/SAR indicam que entre o final do Pleistoceno não ultrapassou 30.500 +/- 4.950 BP, a 500 anos AP, enquanto a datação <sup>14</sup>C mostrou entre 4460 +/- 30 BP e 1140 +/- 30 BP. Estes dados indicam que os depósitos na área de estudo são relativamente recentes, ou que demonstram que as variações no processo de intemperismo e na formação de depósitos têm mudado nos últimos anos, provavelmente devido a flutuações climáticas e mudanças no regime hidrológico regional.

**Palavras-chave:** Serra da Canastra, Reconstrução paleogeomorfológica, Intemperismo de quartzito, OSL, MontanhasTropical.

## Resumen

---

### Notas de autor

silgel@ufu.br

Relevos montanhosos quartzíticos desenvolvidos em clima tropical de savana tendem a ter depósitos sedimentares rasos. Isso se deve aos processos de intemperismo de baixo nível das rochas quartzíticas e à formação de rampas de collúvio nas encostas. Este estudo tem como objetivo determinar as características dos materiais coluviais, particularmente o tamanho de grão, e analisar a cronologia dos sedimentos acima da saprolita, buscando identificar taxas de acumulação e estabelecer correlações com a dinâmica da evolução geomorfológica recente da Serra da Canastra em Minas Gerais, Brasil. Amostras coletadas em diferentes posições morfológicas foram submetidas à análise granulométrica e datadas por regeneração de alíquota única por luminescência opticamente estimulada (OSL/SAR) e datação por radiocarbono. A análise granulométrica mostrou predominância de materiais arenosos e cascalhosos e mostrou que as rampas coluviais da área de estudo contêm materiais derivados da decomposição de rochas quartzíticas, acumulados em perfis rasos e arenosos. A datação LOE/SAR indicou idades entre o final do Pleistoceno, não excedendo 30.500 +/- 4.950 BP, a 500 anos AP, enquanto a datação  $^{14}\text{C}$  mostrou idades entre 4460 +/- 30 BP e 1140 +/- 30 BP. Estes dados indicam que os depósitos na área de estudo são relativamente recentes, demonstrando que variações no processo de intemperismo e formação de depósitos sofreram mudanças recentes, provavelmente devido a flutuações climáticas e mudanças no regime hidrológico regional.

**Palabras clave:** Cordilheira Canastra, Reconstrução Paleogeomorfológica, Intemperismo de Quartzito, OSL, Cordilheira Tropical.

## INTRODUÇÃO

As características mais importantes dos relés formados nos Círculos Quartzíticos do

Uma das características mais marcantes dos relés formados em rochas quartzíticas do Brasil Central é a elevada posição topográfica, geralmente associada à predominância de afloramentos rochosos e ao desenvolvimento de colluviões planos. Esse tipo de paisagem é encontrado em serras como Chapada dos Veadeiros e Pirineus (GO); Estrondo (Estado do Tocantins); Cipó, São Tomé das Letras e Canastra (MG). A Serra da Canastra está localizada no sistema do Vale do Tocantins, caracterizado pela ocorrência de afloramentos de quartzitos puros ou micáceos em um grande cenário montanhoso.

As pesquisas realizadas por Nazar (2018), Araújo (2017) e Magalhães (2015) mostraram aspectos geomorfológicos e a evolução da rede de drenagem no trecho extremo da Serra da Canastra, conhecido regionalmente como Chapadão do Diamante. Esta área apresenta os maiores relés de todo o sistema regional, com a presença de afloramentos quartzíticos nos topos dos morros, que formam um caos de blocos na superfície. Há também depósitos de encostas coluviais, geralmente ricos em conchas, áreas e material orgânico que formam depósitos planos. Ferricretes também são encontrados em solos superficiais e subterrâneos.

Nazar (2018) e Nazar e Rodrigues (2019a), argumentam que a paisagem do Chapadão do Diamante favorece bons resultados nos estudos OSL e  $c14$  por apresentar condições favoráveis como: materiais ricos em quartzo, materiais provenientes de depósitos de colluviões no litoral; A textura homogênea dos materiais superficiais, a presença de vegetação herbácea e arbustiva e atividades agrícolas preservadas devido ao fato de que há apenas água fértil e revezamento montanhoso. Depósitos orgânicos também foram observados em vários segmentos da costa, formando pequenas turfeiras, bem como pequenas planícies ao longo dos dois rios.

Estudamos uma área rural que já foi um pasto natural e foi transformada em Parque Nacional em 1972. O atendimento humano atual se limita às áreas de visitação do Parque Serra da Canastra. Atualmente, há pequenas áreas de atividade antrópica às margens de estradas abandonadas e fazendas antigas.

Essas características de ocupação indicam que a grande maioria dos materiais superficiais não foi modificada durante o período recente de colonização humana por cerca de 200 anos (Rodrigues, 2002).

Os materiais superficiais são produtos do intemperismo local, e os depósitos estudados estão localizados nas proximidades de sua área de origem com transporte de sedimentos à distância. Essas rampas coluviais estão localizadas na encosta de afloramentos rochosos.

A configuração desta paisagem, associada aos estudos preliminares acima referidos, levantou algumas questões sobre a idade tanto dos materiais y das superficies encontradas nesta area. O objetivo desta pesquisa é conhecer os materiais superficiais utilizando a técnica de Luminescência Opticamente Estimulada (OSL) para depósitos de quartzo e Carbono-14 ( $14C$ ) para materiais orgânicos.

Estes ensaios foram realizados em trincheiras na transição entre os níveis de erosão e deposição do solo, com o objetivo de apresentar dados sobre a evolução e mudanças da dinâmica ambiental em camadas de intemperismo e depósitos coluviais na paisagem recente.

Usando duas técnicas de datação independentes, podemos testar a confiabilidade da significância cronostratigráfica das idades identificadas. Isso permite o uso de uma técnica para validar os dados encontrados pela outra.

A datação por luminescência opticamente estimulada (OSL) determina a data do sedimento a partir da última exposição do sedimento à radiação atmosférica. Isso permite medir a quantidade total de sedimentos como resultado da exposição anual de sedimentos a uma dose hecida de radiação de fundo (Yukihara e Mckeever, 2011; Guedes et al, 2013).

O conceito de datação por luminescência é baseado na rede cristalina de minerais, mais comumente quartzo e feldspato, que reproduz a energia produzida durante a interação entre os elétrons dentro do cristal e a radiação da radiação radiativa do decaimento radiativo de Urânio (U), Tório (Th) e Potássio (K) e raízes cósmicas. No caso da OSL, essa energia é liberada na forma de luminescência (luz) quando os

mineradores de quartzo são expostos à luz visual (branqueada), ou durante a erosão, transporte e deposição de sedimentos, ou através de estimulação em laboratório. (Mellett, 2013).

Sob condições favoráveis durante a determinação do OSL, os pecados de radiação podem ser completamente desligados em segundos de exposição à luz, permitindo assim a datação precisa dos sedimentos enterrados (Godfrey-Smith et al., 1988, Madsen e Murray, 2009, Stokes, 1999). A datação rotineira de quartzo em sedimentos por OSL pode determinar idades de até 150 ka. (Duller e Wintle, 2012). A vantagem da luminescência sobre outros métodos de datação é sua capacidade de datar diretamente a deposição de sedimentos (Lian e Roberts, 2006). No entanto, Sohbaty (2015) e Meyer et al (2020) também apresentam a possibilidade de datar superfícies rochosas em blocos rochosos quartzíticos a partir de técnicas comumente utilizadas para sedimentos.

As técnicas de datação OSL são amplamente utilizadas em estudos geomorfológicos, abvariando a diversidade de ambientes, como estudos envolvendo elioanos (ChongYi et al., 2019, Peng, Dong e Han, 2015; Tissoux et al, 2010), fluviais (Keen-Zebert et al, 2013; Rittenour, 2008;) e ambientes glaciais (King et al, 2014; Smedley, Glasser e Duller, 2016).

Os depósitos de encostas constituem um importante arquivo sedimentar para investigações geomorfológicas e paleoambientais realizadas em áreas de estudo espacialmente restritas (Augustin et al, 2014; Paisani et al, 2017). A distância de transporte de sedimentos dentro dos materiais colluviões não aumenta a complexidade desses depósitos, permitindo uma fácil delimitação da área de origem do sedimento.

Isso favoreceria uma determinação mais precisa das idades por meio do OSL, quando comparada à datação  $^{14}\text{C}$ , sem gerar superestimação dos resultados conforme apontado por Fucks e Lang (2009).

Paisagens quartzíticas de diferentes regiões do mundo são submetidas à análise cronológica da OSL. A paisagem formada nos quartzitos localizados na região de Harayana, ao sul de Delhi (Índia), é muito semelhante à Serra da Canastra, com seu clima frio, com um afloramento de pedras quartzíticas fortemente inclinadas.

Apesar da diferença climática entre esses ambientes, o intemperismo do quartzito desempenha um papel preponderante na formação da superfície, principalmente devido ao processo de remoção de sílica e permanência de ricas minas de ferro (Tripathi e Rajamani, 2003). Além disso, Gupta e Rao (1998) mostraram que as características das diferentes condições de intemperismo no quartzito são indicativas da dificuldade de intemperismo do tipo de rocha, devido à sua baixa porosidade, alta resistência ao curso e alta compressão.

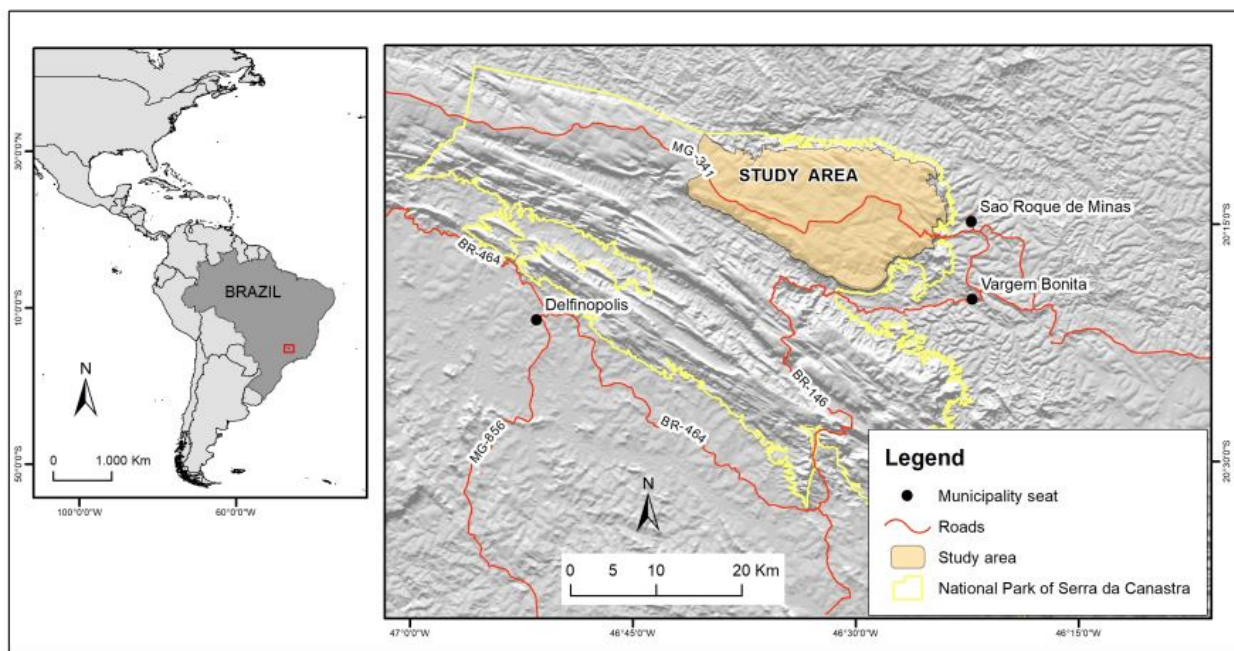
A termoluminescência foi utilizada por Richards (1992) para datar fragmentos arqueológicos originários de rochas quartzíticas em Diring Yuriak, na Sibéria. Como resultado, ele encontrou outras datações alternativas de amostras de quartzito extraídas de artefats e, além disso, descobertas de aproximadamente 74.000 bP. Um estudo semelhante foi realizado por Sohbaty et al (2012) na região da Tapada do Moutinho, Portugal, onde estudos arqueológicos que contêm seis sítios de quartzito mostraram resultados entre 19.000 e 45.000 anos AP.

No Brasil, estudos que utilizam técnicas de datação OSL e  $^{14}\text{C}$  para ambientes de encosta não são uma prática comum. Exemplos desse tipo de estudo foram desenvolvidos em ambientes montanhosos por Augustin et al (2014) que estudaram depósitos de cobertura de talude na região da Serra do Espinhaço. Paisani et al (2017) estudaram ambientes de derramamento na superfície de Palmas/Água Doce (PR), com o objetivo de determinar a dinâmica das rampas de colluvião na parte longa do Quaternário Tardio. Pinheiro, et al (2016) realizaram estudos no reverso da Serra de São Pedro (SP) buscando identificar a origem dos materiais e sua relação com a evolução geomorfológica da área.

## ÁREA DE ESTUDO

O Chapadão do Diamante está localizado no sudeste do Brasil (Figura 1). Localiza-se no extremo da Serra da Canastra, onde estão localizados os nascentes históricos do Rio São Francisco. Possui também uma parte substancial do Parque Nacional da Serra da Canastra. O contexto estrutural é uma faixa de trabalhos

neoproterozóicos, exibindo atualmente estratos rochosos predominantemente quartzíticos da Formação Canastra (Simões et al., 2015; Souza e Rodrigues, 2014; Valeriano et al., 2004; Uhlein et al., 2012).

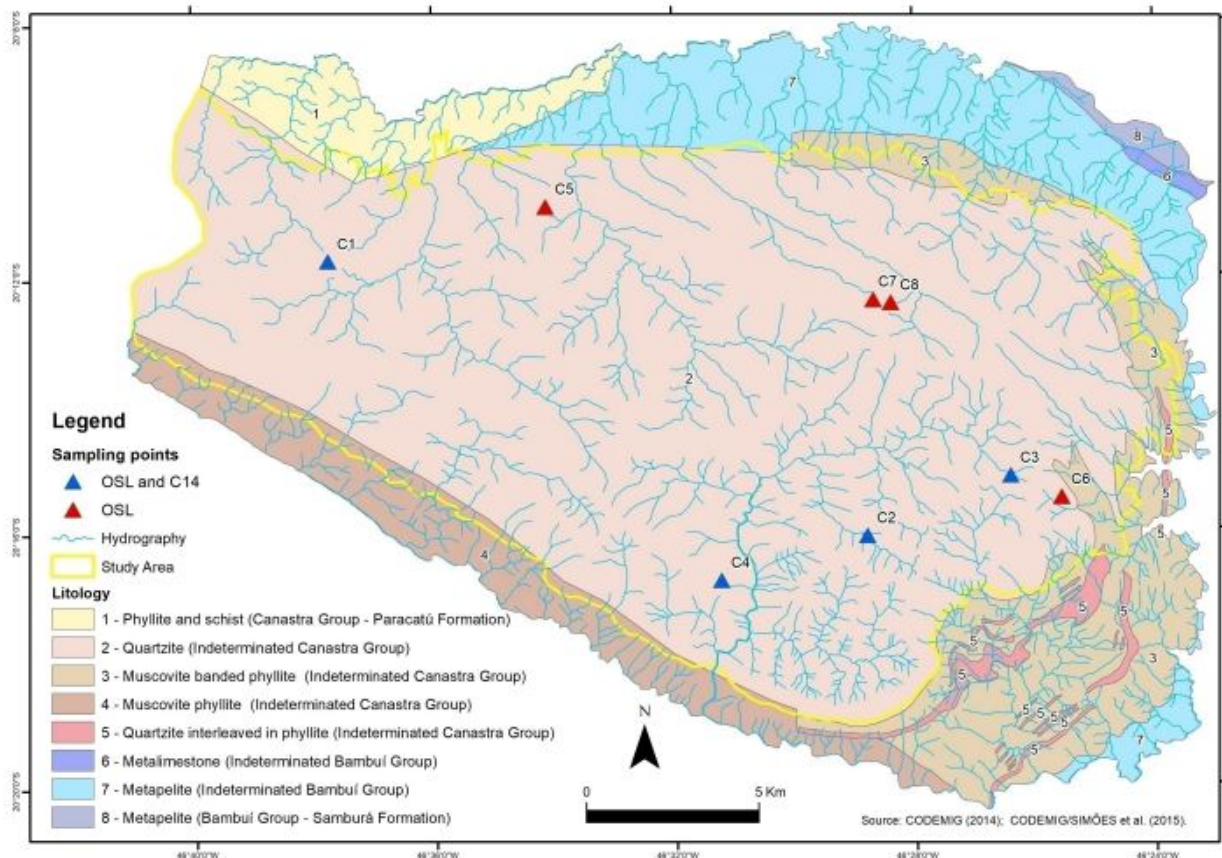


#fig1en.jpg

Figura 1 – Relevo da área de estudo no contexto do território brasileiro.

Fonte: Os autores.

2 é o revezamento que incluiu uma cordilheira, com morros convexos e dissecados sem topo, delimitados por escarpas de linha de ruptura com mais de 250 metros de altura e formando um grande bloco estrutural que pode ser facilmente distinguido na paisagem.



#fig2en.jpg

Figura 2 - Mapa geológico da área de estudo.

Fonte: Nazar e Rodrigues (2019a).

A rede de drenagem é composta por duas cabeceiras de drenagem, uma voltada para o sul, que forma as cabeceiras do rio São Francisco, e outra na porção norte com as cabeceiras de drenagem da bacia do rio Santo Antonio. As principais características da rede de drenagem são o controle da lineação estrutural, principalmente associada às direções NW-SE, perpendicular à direção de compressão do sistema de dobras, e SW-NE como eixo secundário.

Nazar e Rodrigues (2019a) mostram que os topos do Chapadão do Diamante são compostos por afloramentos rochosos e um caos de matacões. Os materiais da geomanta foram mapeados por esses autores e apresentam grande concentração de materiais com granulometria grosseira, com presença de cascalho, grossa e meio. Eles também destacam áreas com afloramentos de ferro em formas fragmentadas e preservadas. A direção dos vales é controlada pelo delineamento rochoso, e vários pontos de reentrância são definidos por afloramentos rochosos nos leitos dos canais. Araújo (2017) e Magalhães e Rodrigues (2020) detectaram comportamento anômalo em todos os canais, o que mostra que seu entalhe é fortemente afetado por knick points locais.

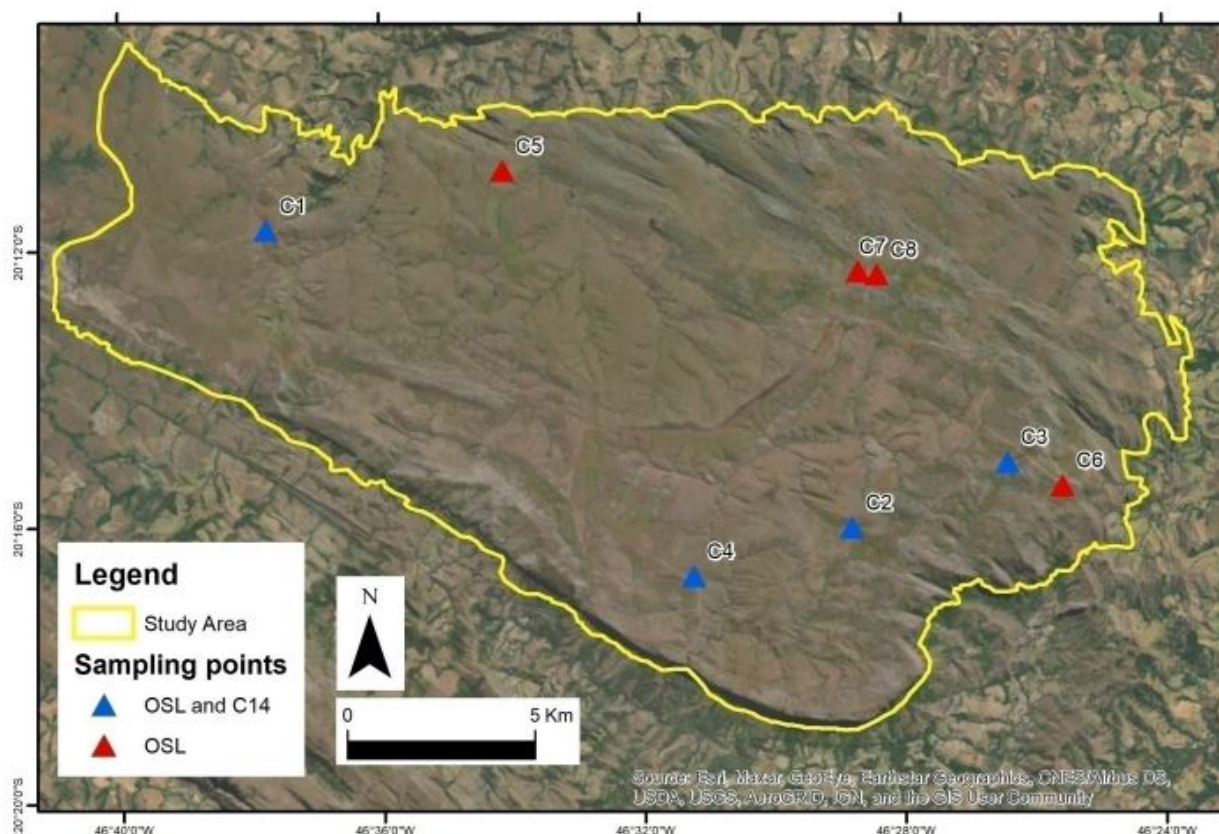
## MÉTODOS

O trabalho de campo foi dividido em duas fases, uma para o reconhecimento e pré-seleção de áreas de amostragem e outra para a coleta de amostras de solo. Os mapas topográficos e geomorfológicos elaborados por Nazar e Rodrigues (2019a) apresentam uma cartografia detalhada do Chapadão do Diamante, com base em dados geomorfométricos e geocobertura. Rede de drenagem, litologia e dados geofísicos também foram obtidos por Nazar e Rodrigues (2019a), Santos e Rodrigues (2019) e Magalhães e Rodrigues (2020).

A localização das áreas de tragem foi selecionada para abrir o maior número possível de feições topomorfológicas e geocoberturas da Serra do Chapadão do Diamante numeradas de C1 a C8 (Figura 3).

O trabalho de laboratório consistiu em análises granulométricas e geocronológicas por meio de OSL e datação de  $^{14}\text{C}$ . O tamanho de 67 monstros de 8 parcelas foi obtido pelo método pipeta-peneira descrito por Gee e Bauder (1986), Santos e Rodrigues (2019) e EMBRAPA (2011). Para a análise geocronológica, foram feitas 8 datas OSL das caudas da maior profundidade possível de cada depósito, na transição isoladamente/saprolite.

Isso foi feito para revelar a transição de processos erosivos predominantes para o nível de processos de deposição. As amostras foram confeccionadas com tubos de PVC de 60cm, seguindo o método descrito por Mellet (2013). A análise OSL foi realizada pela Datação, Comércio e Serviços Laboratório do Brasil, utilizando o protocolo SAR (Single-Aliquot Regenerative-dose) com 15 Aliquotas. Neste protocolo, a idade da amostra é baseada na média de 15 idades OSL que são estimadas a partir de 15 curvas de calibração individuais. Em 4 trincheiras, numeradas C1, C2, C3 e C4,  $^{14}\text{C}$  foram datados de cauda na profundidade máxima do depósito (Figura 3). Fomos analisados pelo Laboratório Beta Analítica, utilizando um acelerador de datação por espectrometria de massa (AMS).



#fig3en.jpg

Figura 3 – Imagem aérea da área de estudo e localização das amostras analisadas neste trabalho.

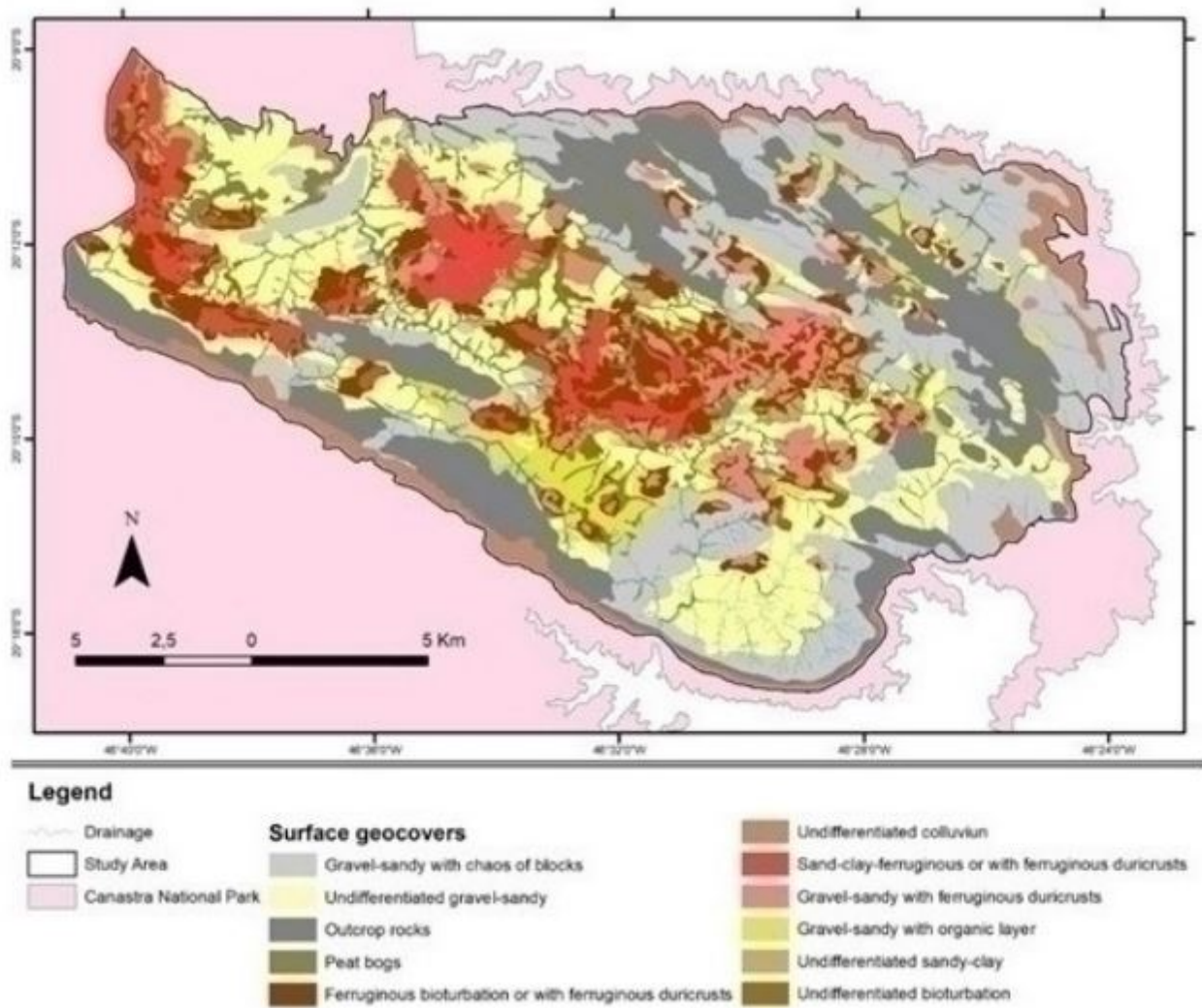
Fonte: Os autores

## RESULTADOS

Estudos recentes realizados no Chapadão do Diamante (Nazar, 2018) mostram que existem três grupos principais de geocobertura superficial (Figura 4). O primeiro grupo, que representa aproximadamente 60% da área de estudo e compostagem, é composto por materiais predominantemente rochosos e pouco intemperizados chamados conchas arenosas com um caos de blocos, conchas indiferenciadas e afloramentos rochosos. O segundo grupo está associado a pequenas áreas, chamadas turfeiras e bioturbação indiferenciadas, compreendendo cerca de 22% da área total.

O terceiro grupo, que ocupa 18% da área de estudo, possui materiais superficiais argilados ou presentes com a presença tanto de blocos lateríticos quanto de conchas lateríticas. Como característica comum, todas

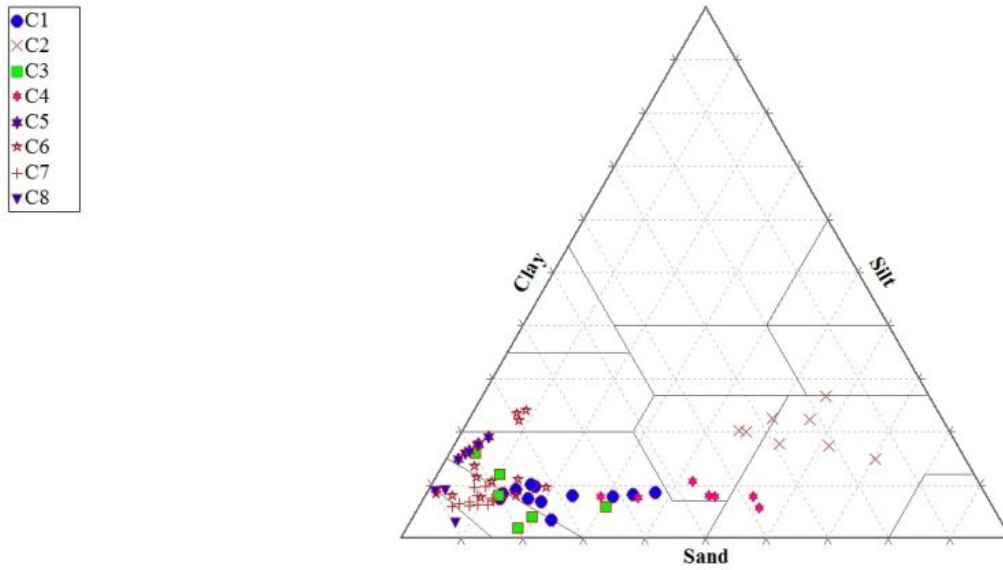
essas unidades apresentam uma pequena profundidade, geralmente não ultrapassando 1 metro de espessura, raramente chegando a 2 metros.



#fig4en.jpg

Figura 4 – Distribuição das geocoberturas superficiais do Chapadão do Diamante. Modificado de Nazar (2018).

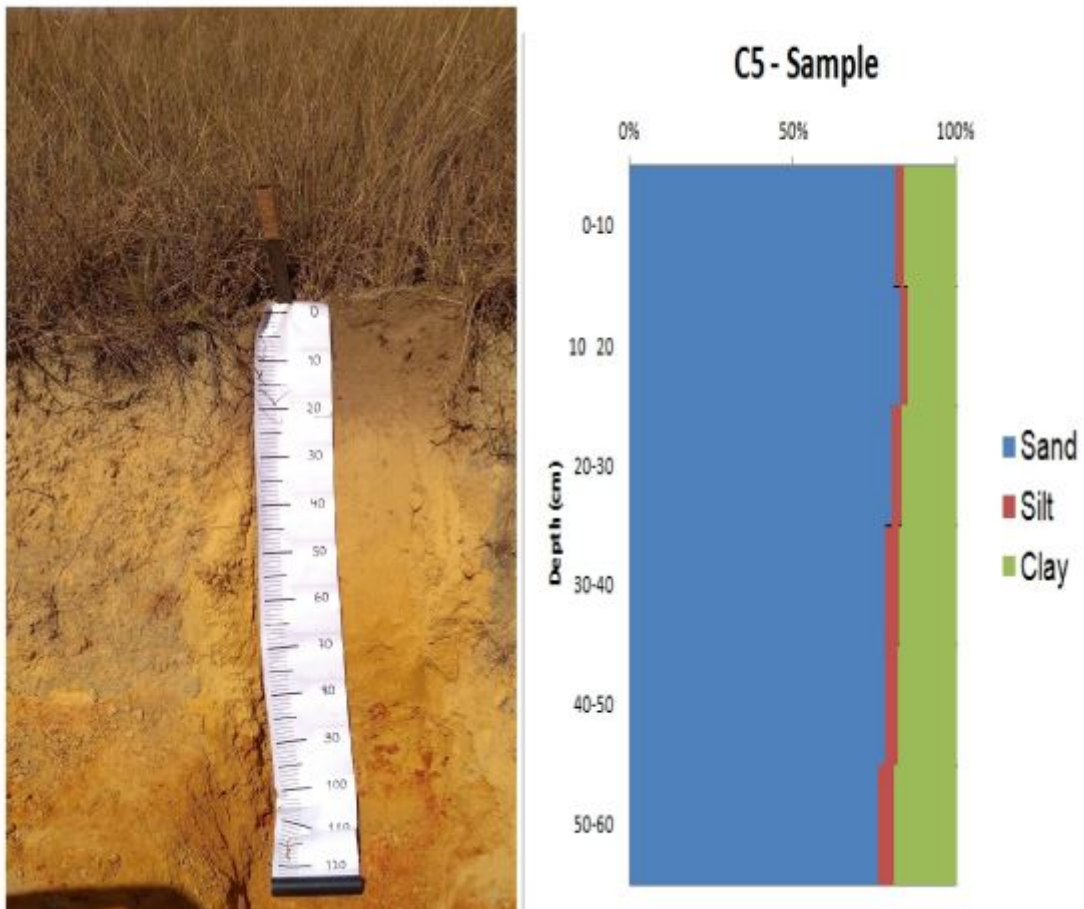
5 mostra os resultados da análise granulométrica realizada para os perfis, que mostraram nítido predomínio de areias e siltes. As amostras C2 e C4 apresentam algumas tendências diferentes devido a uma maior proporção de silte sem variação de textura em profundidade. Nenhuma das 8 parcelas teve variação relevante quanto à profundidade, sendo que nos perfis as texturas permanecem praticamente as mesmas apresentadas na amostra C7 Figura 6.



#fig5en.jpg

Figura 5 – Triângulo de textura do solo com os resultados de oito perfis OSL.

A área de estudo apresenta duas características relacionadas aos fragmentos rochosos: um cascalho de forma irregular que recupera a superfície e outro como uma camada de cascalho de forma irregular localizada a poucos centímetros de profundidade, coberta por serapilheiras arenosas, provavelmente coluviosas do gênero.



#fig6pt.jpg

Figura 6 - Perfil do solo e análise de textura.

Os dados de OSL realizados nos perfis (ver Tabela 1) mostram que seis amostras são originárias do Holoceno Médio ao Superior, enquanto as duas restantes do Pleistoceno Superior. Isso indica que os materiais superficiais da região são extremamente recentes, e também mostra que há pouco tempo essas áreas eram mais áridas, com maior predominância de afloramentos rochosos e menos intemperismo.

É importante lembrar que esses depósitos estão localizados a uma distância das áreas de origem e de importantes processos geoquímicos concomitantes ao transporte. Esses processos consistem principalmente na mobilização de ferro (Fe) e na formação de crostas ferruginosas, que indicam intensa circulação de água no nível subsuperficial.

Em áreas localizadas em altos afloramentos rochosos, ao longo do divisor principal das bacias hidrográficas (pântanos C1 e C7) podemos encontrar depósitos muito recentes com menos de 1500 anos AP.

Isso indica que esses depósitos superficiais de areia refletem as condições meteorológicas atuais, caracterizadas por forte mobilização de sedimentos ao longo da encosta, com importantes processos erosivos. Os elementos mais antigos deste estudo são os divisores secundários das bacias hidrográficas (pântanos C4 e C6), localizados em áreas topograficamente mais baixas.

A cronologia desses eventos remonta ao final do Pleistoceno, e não nos passa de  $30500 \pm 4950$  anos a.C. As condições topomorfológicas das divisões indicam que essas áreas estão presentes na paisagem em um momento mais elevado. Em outras palavras, essas áreas estão localizadas por muito tempo nos afloramentos rochosos (áreas de origem) e aparentemente permanecem por muito tempo inalteradas por processos erosivos.

As retiradas das áreas de declínio mediano (C5 e C8) mostraram apresentações médio-holocênicas entre  $2620 \pm 400$  e  $4200 \pm 1080$  anos AP. Estas amostras encontram-se na presença de depósitos sedimentares ligeiramente mais antigos do que aqueles encontrados com afloramentos rochosos elevados, mas mais recentemente do que os depósitos de dois divisores hidrográficos secundários. Isso pode indicar condições de deposição mais permanentes.

Sample number and Depth	Altitude (m a.s.l.)	Slope position	Slope relative to the top (m)	Main grain size	Additional observations	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Humidity (%)	Annual dose ( $\mu$ Gy/yr)	Mean Paleo dose - P (Gy)	OSL Age (yrs BP)
C1 – 50 cm	1333	High	10	Sandy loam	Base of rocky outcrop	1,865 ± 0,232	0,699 ± 0,132	0,525 ± 0,132	6,1	990 ± 110	< 0,5	<500 yrs
C2 – 60 cm	1363	Valley floor	60	Silty loam	5 meters from channel	4,176 ± 0,273	0,612 ± 0,112	0,885 ± 0,203	11,6	1.410 ± 155	9,0	6.350 ± 865
C3 – 45 cm	1384	Valley floor	20	Loamy sand	Base of rocky outcrop	1,816 ± 0,211	0,397 ± 0,113	0,366 ± 0,121	7,4	780 ± 100	7,0	9.000 ± 1.370
C4 – 30 cm	1325	Medium	20	Sandy loam	Secondary divide	1,853 ± 0,200	0,588 ± 0,108	0,238 ± 0,111	10,9	700 ± 90	21,3	30.500 ± 4.950
C5 – 40 cm	1286	Medium	15	Sandy loam	Deposited on laterite	3,976 ± 0,272	0,773 ± 0,124	1,105 ± 0,154	3,6	1.710 ± 130	4,5	2.620 ± 400
C6 – 35 cm	1396	High	5	Sandy clay loam	Next to the main interfluvium	2,299 ± 0,228	0,304 ± 0,115	0,416 ± 0,125	4,5	850 ± 100	21,9	25.850 ± 3.770
C7 – 45 cm	1446	High	10	Loamy sand	Downslope of rocky outcrop	1,466 ± 0,183	0,470 ± 0,101	0,485 ± 0,108	7,8	880 ± 90	1,3	1.500 ± 290
C8 – 35 cm	1437	Medium	20	Sand	Deposited on laterite	4,630 ± 0,288	0,932 ± 0,118	0,923 ± 0,123	5,0	1.620 ± 100	6,8	4.200 ± 1.080

#tablen.jpg

Tabela 1 - Características dos pontos amostrais e datação OSL (dose anual, paleodose média e idade da amostra).

Tabela 1 - Características dos pontos amostrais e datação OSL (dose anual, paleodose média e idade da amostra).

Os resultados dos dados de OSL revelam que as condições topomorfológicas afetam claramente as condições de erosão/deposição, o que diminui as chances de os sedimentos serem expostos à radiação e

permanecerem no sistema de declividade. As áreas próximas à fazenda Vale (C2 e C3) apresentam áreas do Baixo Holoceno entre  $6350 \pm 865$  e  $9000 \pm 1370$  anos AP.

Essas áreas apresentam as melhores condições de deposição do Chapadão do Diamante, as quais estão associadas ao aumento dos processos de sedimentação de materiais das costas superiores. Os resultados da datação OSL mostram que seis das oito amostras analisadas datam do Holoceno, indicando que a deposição de taludes é muito recente.

Além disso, o fato de as amostras mais antigas de nosso estudo serem provenientes de áreas cerca à base da encosta que apresentam condições de deposição más favoráveis. Isso é consistente com os resultados apresentados por Paisani et al (2017), que relatam que a erosão intensa nas costas coluviais leva à deposição de sedimentos e acreção de sedimentos no vale e seis depósitos de sedimentos. A Tabela 2 mostra a datação AMS  $^{14}\text{C}$  de 4 parcelas da área de estudo. De acordo com os resultados, a amostra C2 tem a idade mais avançada de  $^{14}\text{C}$  ( $4460 \pm 30$  anos BP). O perfil desta amostra que está localizada perto de um fundo de vale é o mais espesso das parcelas amostradas.

Para este mesmo perfil, o OSL datado da base do depósito indica uma idade de  $6350 \pm 865$  anos AP. A diferença entre as duas análises cronológicas pode mostrar um período de aproximadamente 2.000 anos de depósito estéril ou uma baixa quantidade de depósitos orgânicos. Isso indica pelo menos duas fases deposicionais em diferentes condições ambientais.

Sample number	Slope position	Conventional radiocarbon age (BP)	Calibrated age (BP) (2 sigma)	Mean values and ranges derived from calibrated ages (BP)	$\delta^{13}\text{C}\text{‰ PDB}$
C1	High	2060 +/- 30 BP	2050 - 1896 cal BP	1973±77	-16.7
C2	Valley floor	4460 +/- 30 BP	5069 – 5169 cal BP	5119±50	-14.6
C3	Valley floor	1140 +/- 30 BP	1060 - 936 cal BP	998±62	-16.0
C4	Medium	3610 +/- 30 BP	3975 – 3724 cal BP	3850±126	-17.4

#tab2en.JPG

Tabela 2 – Datação  $^{14}\text{C}$  de quatro amostras da área de estudo.

Tabela 2 – Datação  $^{14}\text{C}$  De quatro amostras da Área de Estudo.

Como alguns outros testes (C1, C3 e C4), há apresentações precoces de  $^{14}\text{C}$ , o que aparentemente indica processos de acumulação que foram desencadeados pela dinâmica da pontuação de superfície, e que teoricamente poderiam prevenir o desenvolvimento de depósitos mais espessos e a presença de episódios erosivos. Esses fatores favorecem a formação de depósitos sedimentares planos, condições menos favoráveis ao acúmulo de material orgânico. Há ainda dois outros fatores que podem contribuir para um menor acúmulo de matéria orgânica.

Para os trechos C1 e C3, a localização dos perfis é próxima a um afloramento rochoso, em posição interfluvial, o que representa uma pequena bacia hidrográfica. Essas áreas também são caracterizadas atualmente por vegetação herbácea e arbustiva. Tais condições ambientais podem dificultar o crescimento da vegetação arbórea e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de matéria orgânica.

Com base nos dados recentes de nosso estudo, podemos supor que as condições ambientais no passado foram menos favoráveis para o desenvolvimento de áreas densamente vegetadas. Esta poderia ser uma das razões pelas quais o menor conteúdo orgânico foi encontrado em depósitos de encosta. Isso também reforça nossa suposição de que os afloramentos rochosos ocupam áreas maiores e que os depósitos superficiais se desenvolveram entre aproximadamente 4.500 anos AP e os dias do presente.

## DISCUSSÃO

Estudos de análise cronológica de taludes quartzíticos de coluviais são incomuns. Este estudo originou-se de uma condição geomorfológica específica, caracterizada por leito rochoso quartzítico neoproterozóico, com posição topográfica elevada em relação ao relé regional. As características dos quartzitos associadas a um ambiente tropical úmido (com duas estações) favorecem a combinação de intemperismo mecânico e químico.

Utilizamos duas técnicas diferentes de datação OSL e  $^{14}\text{C}$  para analisar a geocronologia do depósito do talude do Chapadão do Diamante. Os resultados da cronologia mostrarão que os materiais são recentes, sendo os mais antigos do Pleistoceno Superior.

A combinação da cronologia dos pontos mostrados e das características geomorfológicas das diferentes geocoberturas pode nos ajudar a determinar as condições ambientais e os processos predominantes durante o período de deposição de sedimentos. Uma característica comum dos relés de montanha quartzítica no Brasil é que existem baixos perfis, com predominância de sedimentos arenosos a areno-arenosos, muitas vezes enriquecidos com ferro (Fe) que podem criar crostas ferruginosas.

Essas práticas comuns em nossa área de estudo também podem ser encontradas em outros ambientes semelhantes no Brasil, como a Serra do Espinhaço (Augustin et al.; 2014), a Serra do Caraça (Cavalcante et al., 2010), a Serra do Ibitipoca, a Serra do Cipó, a Serra do Itacolomi e a Chapada Diamantina (Benites et al. 2007).

O enriquecimento de ferro em camadas superficiais é uma resposta a processos de laterização, com a presença de óxidos e hidróxidos de ferro que não limitam a flutuação das águas superficiais (Augustin et al., 2013, Nazar e Rodrigues, 2019b). Os processos de intemperismo da água e o papel da água nas áreas de hidrólise, a despolimerização da estrutura do silicato, com a liberação de silício e as condições básicas da solução intemperizada. Portanto, de acordo com a intensidade da hidrólise (total ou parcial) e dois processos de lixiviação, pode ter formado minerais não silicatos: hidróxidos e óxidos de ferro (Atkins, 2002).

Esses minerais contribuem para a cor vermelha ou amarelada típica de suas formações. O intenso fluxo de água no limite de flutuação, pode resultar em um processo de lixiviação proporcionalmente expressivo. Poderia promover a completa desilicação do sedimento, deixando para trás apenas minerais de alumínio ou ferro, causando a formação de crostas.

Os mesmos processos também são encontrados em ambientes quartzíticos no Brasil, como descrevem Meyer et al (2020) em estudos do Tibete. Neste caso, os autores afirmam que a precipitação de hidróxidos de ferro tem as características de opacidade e a mesma penetração de raízes cósmicas, e que pode afetar a análise cronológica do OSL.

Agostinho e outros. (2014), trabalhando na Serra do Espinhaço, encontram resultados interessantes quanto à análise cronológica de materiais originários de rochas quartzíticas. Esses autores analisaram um perfil de nível de 60 cm de espessura entre 10506 e 10230 anos AP a partir da base do depósito, de 5919 a 5664 anos AP a 55 cm de profundidade, 2335 a 2152 anos AP entre 25 e 40 cm de profundidade e 629 a 519 anos AP entre uma superfície e 25 cm de profundidade. Estas idades, bem como a espessura dos depósitos, são muito semelhantes aos resultados do nosso estudo. Isso indica que nessa região do Brasil predominam processos de acumulação muito lentos, resultando em depósitos minerais rasos e sedimentos com baixo teor orgânico.

Santos e Confessor (2020) estudaram a mesma região da Serra da Canastra, mas focaram em dados de OSL sobre micromorfologias geradas pela bioturbação. Suas descobertas mostram depósitos que variam de  $950 \pm 145$  anos AP a 30 cm de profundidade e  $2.500 \pm 390$  anos AP a 60 cm de profundidade. Essas idades também são compatíveis com os achados de nosso estudo, pois indicam que a ação da bioturbação na formação dessa micromorfologia é mais recente do que a maioria dos depósitos analisados no presente trabalho.

Por esta razão, consideramos que a ação da bioturbação surge mais recentemente do que o início dos processos de intemperismo do quartzito. Somente após o início desses processos é que há material suficiente para os animais iniciem os processos de bioturbação.

Tanto os dados cronológicos analisados neste artigo quanto a cronologia realizada em ambientes seminiais no Brasil central (Augustin et al. (2014); Ledru (1993), Oliveira et al., 2018, Santos e Confessor (2020), mostraram que os materiais que são consistentes com o Pleistoceno e o início do Holoceno, esta região provavelmente apresentará um ambiente mais seco do que as condições climáticas atuais (Barros et al., 2012). A baixa disponibilidade de água favoreceria os processos químicos de intemperismo e também é importante notar que o intemperismo das rochas quartzíticas é muito mais lento do que outros tipos de rochas. Por essas razões, os afloramentos rochosos provavelmente seriam mais difundidos do que atualmente.

Estudos paleoclimáticos de regiões próximas indicam que durante o Holoceno as condições climáticas foram geralmente mais moderadas do que durante o Pleistoceno (Behling, 1995, Behling, 2002; Ledru, 1993). O Holoceno também apresenta algumas flutuações que indicam momentos mais secos do que os atuais (Enters et al, 2010).

Essas condições contribuem para mudanças no regime hídrico e aumento do intemperismo e do transporte de sedimentos em declínio, o que leva à deposição de coluviões. Podemos supor que com o aumento da temperatura e da disponibilidade sazonal de água, há um aumento nos processos hidrogeoquímicos subsuperficiais, que contribuem para a formação de crostas ferruginosas, bem como alguns fatores interessantes de dissolução superficial.

O estabelecimento de um ambiente mais recente durante o período climático do Holoceno aumentou a colonização de espécies vegetais e animais, o que, por sua vez, contribuiu para a formação de alguns dos reservatórios de turfa em depressões e fundos de vale e o enriquecimento de material orgânico em camadas superficiais de quartzito grosseiro e áreas. A manutenção das condições climáticas úmidas, na atualidade, permitiu o manejo das micromorfologias a partir da bioturbação (Santos e Confessor, 2020). Essa interpretação também é apoiada por mudanças nos sistemas fluviais da região (Carvalho et al. 2018; Magalhães Jr, na al. 2012; Oliveira et al., 2018).

## CONCLUSÃO

Os resultados combinados de granulometria,  $^{14}\text{C}$  e OSL, apoiados por observação de campo e análise geomórfica, parecem indicar que os sedimentos das formações montanhosas da Serra da Canastra são constituídos por coluviões provenientes do afloramento de rochas quartzíticas localizadas em áreas mais elevadas. Nosso estudo também mostrou que esses depósitos coluviais são normalmente muito baixos (menos de 2m de espessura) com características predominantemente macroscópicas, principalmente cascalhos e areias. Observamos vários afloramentos quartzíticos no meio de dois depósitos e a presença de concreções ferruginosas lateríticas, na superfície, na superfície, na superfície da superfície. Os resultados da cronologia mostram que o ambiente deposicional é recente e as datas OSL e  $^{14}\text{C}$  indicam que a maioria dos depósitos pertence ao Holoceno. Apenas duas amostras, que são do final do Pleistoceno, atingiram idades mais avançadas. A existência de depósitos jovens mostra uma alteração dos padrões de umidade, dos processos de intemperismo e da formação de colúvias relacionadas ao transporte de sedimentos a diferentes distâncias. São condições climáticas mais úmidas que tendem a produzir alterações na preservação de mantas intemperizantes que causam aumento da erosão superficial e formação de sistemas de drenagem. A maior parte da cobertura vegetal é considerada recente, com a formação de depósitos de turfa que não ultrapassam  $4460 \pm 30$  anos AP. A presença de micromorfologias de bioturbação com condições mais jovens que os materiais coluviais, indicam que estes tipos de processos só podem ser utilizados para períodos de intemperismo mais intenso.

## RECONHECIMENTO

Esta investigação foi financiada por meio de apoio financeiro da CAPES/UFU/PRINT - 88887.311520/2018-00 FAPEMIG (Processo APQ-00231-16) e CNPQ (Processo PQ 302924/2019-1).

## REFERÊNCIAS

- Augustin, C. H. R. R., Coe H. H. G., Chueng K. F., Gomes J. G., 2014 Análise da dinâmica geomórfica em paisagem quartzítica antiga utilizando fitólito e isótopos de carbono, Serra do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil, *Géomorphologie : relief, processus, environnement* [ONLINE], vol. 20 - nº4, 2014, DOI 10.4000/geomorphologie.10794
- Agostinho, C. H. R. R., Lopes, M.R.S., Silva, S.M. 2013. Lateritas: um conceito ainda em construção. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.14, n.3, p. 241-257, <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v14i3.202>
- Araújo, M. S. 2017. Evolução dos canais fluviais: morfometria e sedimentologia na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, Serra da Canastra- MG. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão Territorial) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2017.55>
- Barros, L. F. DE P., Lavarini, C., Lima, L. S., Magalhães Júnior, A. P., 2012. Síntese dos cenários paleobioclimáticos do quaternário tardio em Minas Gerais/Sudeste do Brasil. *Sociedade & Natureza*, v. 23, n. 3, 26 abr. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132011000300001>.
- Behling, H. 1995. Registro de pólen do Holoceno de alta resolução do Lago do Pires, SE Brasil: vegetação, clima e história do fogo. *J Paleolimnol* 14:253–268 <https://doi.org/10.1007/BF00682427>
- Behling, H. 2002. Campos do Sul e Sudeste do Brasil no Quaternário Tardio: uma síntese. *Paleogeografia, Paleoclimatologia, Paleoecologia*, vol. 177, número 1-2, pp. 19-27 DOI:10.1016/S0031-0182(01)00349-2
- Benites, V.M., Schaefer, C.E.G.R., Simas, F.N.B. & Santos, H.G., 2007. Solos associados a afloramentos rochosos nas serras brasileiras da Mantiqueira e do Espinhaço. *Rev. Brás. de Botânica* 30: 569–577. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400003>
- Carvalho, A. et al., 2018. O Papel dos Processos Fluviais na Configuração de Fundos de Vale na Bacia do Rio Paraúna – Serra do Espinhaço Meridional, Sudeste Do Brasil. *Rev. Brás. Geomorfo. (Online)*, São Paulo, v.19, n.4, (Out-Dez) p.691-708, <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1354>
- Cavalcante. L.B.V., Valadão, R.C., Salgado, A.A.R., 2010. Mapeamento das Unidades do Relevo da Serra do Caraça/Mg: Uma Proposta Baseada na Interpretação de Mapas Temáticos. *Revista de Geografia (Recife)*, v. 1, p. 237-249.
- ChongYi E., Jing Z., ZongYan C., YongJuan S., YaJuan Z., Ping L., ManPing S., YunKun S., 2019. Datação OSL de alta resolução da atividade eólica no Lago Qinghai, Planalto Tibetano do Nordeste, *CATENA*, 183, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104180>
- Duller, G.A.T., Wintle, A.G., 2012. Uma revisão do sinal de luminescência opticamente estimulado termicamente transferido do quartzo para datação de sedimentos. *Geocronologia Quaternária*, 7: 6-20. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2011.09.003>
- Manual EMBRAPA de Métodos de Análise de Solos. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2011. 230 págs.
- Entra, D.; Oliveira, A.; Oliveira, C.; Oliveira, L.; Zolitschka, B., 2010. Dinâmica ambiental do Holoceno do sudeste do Brasil registrada em sedimentos laminados do Lago Aleixo. *J Paleolimnol* 44, 265–277. <https://doi.org/10.1007/s10933-009-9402-z>
- Fucks, M., Lang, A., 2009 Datação luminescência de depósitos de encostas - uma revisão. *Geomorfologia*. Vol: 109 (1-2) pp: doi: 17-26. 10.1016/J.GEOMORPH.2008.08.025
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Análise granulométrica. In: Klute, A. (org.), *Métodos de Análise de Solos: Parte 1. Métodos Físicos e Mineralógicos*, 2ª ed., Agronomia, 9. Sociedade de Ciência do Solo da América, Madison, EUA, pp. 383–411.

- Godfrey-Smith, D.I., Huntley, D.J., Chen, W.H., 1988. Estudos de datação óptica de extratos de sedimentos de quartzo e feldspato. *Revisões Quaternárias de Ciências*, 7: 373-380. [https://doi.org/10.1016/0277-3791\(88\)90032-7](https://doi.org/10.1016/0277-3791(88)90032-7)
- Guedes C.C.F., Sawakuchi A.O., Giannini P.C.F., R. DeWitt, Aguiar V.A.P., 2013. Características de luminescência do quartzo de sedimentos brasileiros e restrições para datação OSL. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85:1303-1316. DOI:10.1016/j.quageo.2011.09.003
- Gupta, A., Seshagiri Rao, K., 1998. Propriedades indicativas de rochas intemperizadas: inter-relações e aplicabilidade. *Touro Eng Geol Environ* 57, 161–172. <https://doi.org/10.1007/s100640050032>
- Keen-Zebert A., Dente S., Rodnight H., Duller G.A.T., Roberts H.M., Grenfell M., 2013. Retrabalho da planície de inundação do Quaternário Tardio e a preservação de arquivos sedimentares aluviais em vales fluviais não confinados e confinados no interior oriental da África do Sul. *Geomorfologia*, 185, p.54- 66.dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.004
- Rei G.E., Robinson R.A.J., Finch A.A., 2014. Rumo a estratégias bem-sucedidas de amostragem de OSL em ambientes glaciais: decifrando a influência de processos deposicionais no branqueamento de sedimentos glaciais modernos de Jostedal, sul da Noruega. *Quat. Rev.*, 89, pp. 94-107. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2014.02.001>
- LEDRU, M.P., 1993. Mudanças Ambientais e Climáticas do Quaternário Tardio no Brasil Central. *Pesquisa Quaternária*. v.39. pág. 90-98. <https://doi.org/10.1006/qres.1993.1011>
- Lian, O.B., Roberts, R.G., 2006. Datação do Quaternário: progresso na datação por luminescência de sedimentos. *Quaternário de Ciências*, 25: 2449-2468. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2005.11.013>
- Magalhães, C. S.; A Aplicação de Parâmetros Morfométricos no Estudo do Relevo das Bacias do Rio Santo Antônio e Ribeirão Grande, Sudoeste De Minas Gerais. 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia. 2015.
- Magalhães Júnior, A.C., Barros, L. F. P., Raposo, A.A., Cherem, L.F.S., 2012. Dinâmica Fluvial Quaternária do Rio Maracujá, Quadrilátero Ferrífero (MG). *Rev. Brás. Geomorfo. (Online)*, São Paulo, v.13, n.1, (jan-mar) p.3-14, <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v13i1.337>
- Madsen, A.T., Murray, A.S., 2009. Datação por luminescência opticamente estimulada de sedimentos jovens: uma revisão. *Geomorfologia*, 109: 3-16. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.08.020>
- Mellet, C. L., 2013. Namoro por Luminescência. in *Sociedade Britânica de Geomorfologia Técnicas Geomorfológicas*, cap. 4, sec. 2.6 - [https://geomorphology.org.uk/sites/default/files/geom\\_tech\\_chapters/4.2.6\\_LuminescenceDating.pdf](https://geomorphology.org.uk/sites/default/files/geom_tech_chapters/4.2.6_LuminescenceDating.pdf).
- Meyer, M.C., Gliganic L.A., Jain M., Sohbaty, R., Schmidmaier D., 2020. Controles litológicos na penetração de luz em superfícies rochosas – Implicações para datação de exposição à superfície OSL e IRSL. *Medidas de radiação*. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2018.03.004>
- Nazar, T.I.S.M., 2018. O Chapadão do Diamante na Serra da Canastra/MG, Brasil: caracterização geomorfológica e análise integrada do ambiente físico a partir de dados multifont. 2018. 270 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.6>
- Oliveira, T.I.S.M.; Rodrigues, S. C., 2019 (a). Relevo do Chapadão do Diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: Compartimentação e Análise a Partir dos Aspectos Geomorfométricos. *Rev. Brás. Geomorfo. (Online)*, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 69-88. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300>
- Nazar, T.I.S.M., Rodrigues, S. C., 2019 (b). Mapeamento e Análise da Geocobertura de Superfície no Chapadão do Diamante – MG - Brasil. *Mercator*, Fortaleza, v. 18, maio p.1-17. <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18010>
- OLIVEIRA, L. A. F., Cota, G.E.M., Lima, L.B.S., Magalhães Júnior, A.C. 2018. Aplicação da Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) como Subsídio nos Estudos de Captação Fluvial

- Quaternária: O Caso da Serra da Mantiqueira (Zona da Mata de Minas Gerais). *Rev. Brás. Geomorfo. (Online)*, São Paulo, v.19, n.4, (Out-Dez) p.679-690. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1341>
- Paisani, J.C., Paisani, S.D.L., Osterrieth, M.L., Pontelli, M.E., Fujita, R.H., 2017. Dinâmica da Rampa do Colúvio na Superfície das Palmeiras/Água Doce Durante o Quaternário Tardio – Bases para Compreender a Evolução das Encostas no Planalto das Araucárias. *Rev. Brás. Geomorfo. (Online)*, São Paulo, v.18, n.4, (Out-Dez) p.783-799. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1247>
- Peng, J., Dong, Z. e Han, F., 2016. Datação por luminescência opticamente estimulada de depósitos arenosos do condado de Gulang, na margem sul do deserto de Tengger, China. *J. Terra Árida* 8:1–12. <https://doi.org/10.1007/s40333-015-0137-6>
- M.R. Pinheiro; Michelon C.R. Manfredini S., 2016. Gênese dos Neocenozóicos: Depósitos do Reverso da Serra de São Pedro e Evolução da Superfície das Cristas Médias – Sudeste do Brasil. *Rev. Brás. Geomorfo. (Online)*, São Paulo, v.17, n.4 (Out-Dez) p.661-677. <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v17i4.1007>
- Richards, M., 1994. Datação luminescência de quartzito do sítio Diring Yuriakh. 105p. Tese. Universidade Simon Fraser
- Rittenour, T.M., 2008. Datação por luminescência de depósitos fluviais: aplicações em pesquisas geomórficas, paleossísmicas e arqueológicas. *Bóreas*, 37 pp. 613-635. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2008.00056.x>
- Rodrigues, S. C. 2002. Impactos da Atividade Humana nas Paisagens do Brasil Central: Estudo de Caso na Bacia Hidrográfica do Araguari. *Estudos Geográficos Australianos (Impressão)*, v. 40, p. 167-178,. <https://doi.org/10.1111/1467-8470.00172>
- Santos, F.C.; Rodrigues, S.C. 2019. Procedimento Operacional Padrão (POP) - Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos. 30p. Uberlândia. DOI:10.13140/RG.2.2.11998.59202
- Oliveira, L.S.A.; Martins, J.E.S.; Oliveira, C.M.; Oliveira, A. M.; Artur, A. C. 2015. Folha Vargem Bonita, SF.23-VB- I. Projeto Fronteiras de Minas Gerais. Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais. Contrato CODEMIG 3473, FUNDEP 19967. UFMG.
- Souza, D. A.; Rodrigues, S. C. 2014. Aspectos das Morfoestruturas e Morfoesculturas da Serra da Canastra e Meio Ambiente (MG). *Revista do Departamento de Geografia – USP*, v. 27, p. 47-66. <https://doi.org/10.11606/rdg.v27i0.472>
- Smedley R.K., Glasser N.F., Duller G.A.T., 2016. Datação luminescência dos avanços glaciais no Lago Buenos Aires (46 °S), Patagônia Quat. *Rev.*, 134 pp. 59-73. [doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.12.010](https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.12.010)
- Sohbati R, Murray AS, Chapot MS, Jain M, Pederson J., 2012. Luminescência opticamente estimulada (OSL) como cronômetro para datação de exposição à superfície. *J. Geófitas. Res. Terra Sólida*. 117:1–7. DOI:10.1029/2012JB009383.
- Sohbati, R., 2015. Luminescência, superfícies rochosas. In: *Enciclopédia de Métodos Científicos de Datação*. Springer, pp. 485-488. DOI: 10.1007/978-94-007-6326-5\_83-4
- Stokes, S., 1999. Aplicações de datação por luminescência em pesquisas geomorfológicas. *Geomorfologia*, 29: 153-171. [doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00012-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00012-4)
- Tissoux H., Valladas H., Voinchet P., Reyss J.L., Mercier N., Falguères C., Bahain J.J., L. Zöller, Antoine P., 2010. Estudos de OSL e VHS do quartzito eólico da sequência loess do Pleistoceno Superior de Nussloch (Alemanha). *Quat. Geochronol.*, 5, pp. 131-136, [10.1016/j.quageo.2009.03.000](https://doi.org/10.1016/j.quageo.2009.03.000)
- Tripathi, J.K. Rajamani, V., 2003. Controle de intemperismo sobre a geomorfologia de quartzitos supermaduros Proterozoic Delhi da Índia. *Jour. Índia*, v.62(2), pp.215–226. <https://doi.org/10.1002/esp.501>
- Oliveira, C.M.; Oliveira, A.A.; Oliveira, M.A.; Oliveira, L. S.A.; Vidente H., J. 2004. A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: *MANTESSO-NETO, V. et al. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca, p. 575-592.

- Oliveira, A.; Oliveira, M.A.; Oliveira, J.J.; Dardene, M., 2012. A. Tectônica da Faixa de Dobramentos Brasília – setores sententrional e sul. Geonomos, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 1-14. DOI: 10.18285/geonomos.v2i20.243
- Yukihara E.G., McKeever S.W.S., 2011. Luminescência opticamente estimulada -Fundamentos e aplicações. John Wiley & Filhos, Oklahoma.