

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 17/09/2027.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS E MEIO AMBIENTE

**Gênese e evolução do material arenoso de superfície
no entorno de depressão topográfica isolada**

VANESSA SILVA DOS SANTOS

Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

Rio Claro - SP
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

VANESSA SILVA DOS SANTOS

Gênese e evolução do material arenoso de superfície no entorno de depressão topográfica isolada

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Instituto de Geociências e Ciências
Exatas do Campus Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, como parte dos
requisito para obtenção do título de
Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Vania Rosolen

Rio Claro – SP
2025

S237g

Santos, Vanessa Silva dos

Gênese e evolução do material arenoso de superfície no entorno de
depressão topográfica isolada / Vanessa Silva dos Santos. -- , 2025
136 f. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro,
Orientadora: Vania Silvia Rosolen

1. Índices geoquímicos. 2. Microtexturas. 3. Solos arenosos. 4.
Mineralogia. 5. Pedogênese. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa contribui para o entendimento da gênese e evolução de solos arenosos em ambientes tropicais, apoiando estratégias de conservação do solo, uso sustentável da terra e gestão de recursos naturais. Os resultados possuem relevância científica, educacional e regional, com potencial de inserção internacional.

POTENCIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research advances the understanding of the genesis and evolution of sandy soils in tropical environments, supporting soil conservation, sustainable land use, and natural resource management. The results have scientific, educational, and regional relevance, with potential for international impact.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

VANESSA SILVA DOS SANTOS

Gênese e evolução do material arenoso de superfície no entorno de depressão topográfica isolada

Dissertação de Mestrado apresentada
ao Instituto de Geociências e Ciências
Exatas do Campus Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, como parte dos
requisito para obtenção do título de
Mestre em Geociências e Meio
Ambiente.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. VANIA SILVIA ROSOLEN
IGCE/UNESP/RIO CLARO (SP)

Dr. ANDRÉ RENAN COSTA-SILVA
PÓS-DOCTORANDO/IGCE/UNESP/RIO CLARO (SP)

Prof. Dr. ALISSON DUARTE DINIZ
IGEO/UFBA/SALVADOR (BA)

Conceito: Aprovada

Rio Claro (SP), 17 de setembro de 2025

Agradecimentos

À minha orientadora, Vania Rosolen, pela paciência, disponibilidade e direcionamentos.

Ao meu companheiro de vida, Leandro Albino, por todo amor, atenção, compreensão e incentivo. Aos meus pais, Bento e Marcia, o mais sincero agradecimento pelo apoio incondicional durante essa trajetória. À madrinha Mirlene e à Marli, por estarem presentes mesmo quando estou distante. À Paloma Promenzio, pela amizade, escuta, caminhadas e todo pistache. Ao Carlos Cristtyn, por tornar a dança um lugar de refúgio e acolhimento. As minhas meninas queridas (carletes), por todas as risadas e momentos pós aula.

Ao Centro de Ciências Naturais Aplicadas (UNESPetro), por disponibilizar acesso ao Laboratório de Radiações Ionizantes (LARIN), Laboratório de Microscopia Óptica e Fotomicrografia (LMOF), e o Laboratório de Preparação de Amostras para Análises Geoquímicas (LPAAG). Ao Iata Anderson, pela paciência e ensinamentos durante a fase de preparação de amostras.

Ao Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), por disponibilizar o uso do Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e o Laboratório Didático de Geotecnia. Ao Daniel Godoy e ao Alan de Oliveira pelos ensinamentos e suporte técnico. Ao Lucas Warren pelo apoio e por disponibilizar o uso do Laboratório de Estudos Quaternário (LEQ) e o Laboratório de Sedimentologia.

Ao PRH 40.1 – Programa de Recursos Humanos – Acordos de cooperação entre Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), apoiado com investimento financeiro de empresas petrolíferas qualificadas na Cláusula de PD&I da ANP (Resolução nº 50/2015), processo nº 2024/11353-6, pelo financiamento da bolsa de mestrado e taxa de bancada durante a execução do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/10498-0. As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

Resumo

As formações superficiais arenosas da região de Rio Claro (SP), na Depressão Periférica Paulista, registram a interação prolongada entre intemperismo, pedogênese e dinâmica geomorfológica sob condições tropicais úmidas. Este estudo integrou análises morfológicas, mineralógicas, geoquímicas, granulométricas e microtexturais com o objetivo de compreender a gênese e a evolução dos materiais arenosos que recobrem os topos e encostas em torno de uma depressão topográfica isolada. A caracterização dos perfis ao longo da vertente revelou uma sequência pedogenética lateral, composta por Latossolos argilo arenosos bem drenados nos topos, solos com feições incipientes de Argissolo na meia encosta e Gleissolos hidromórficos na base. Essa organização reflete uma evolução autóctone e litodependente, controlada pelos gradientes de drenagem, pela composição do material de origem representado pelo siltito da Formação Corumbataí e pelos sedimentos arenosos sobrejacentes, e pelos processos de intemperismo tropical de longa duração. As evidências mineralógicas obtidas por difração de raios X indicam a predominância de quartzo e caulinita, acompanhados por gibbsita nos horizontes mais intemperizados, além da presença restrita de illita em níveis menos alterados. Essa associação mineral reflete a transformação progressiva de fases micáceas e cloríticas em caulinita e gibbsita, caracterizando um estágio avançado de argiluviação e dessaturação. Nos perfis bem drenados, a intensa dessilicação e dissolução dos minerais de argila promoveram o enriquecimento relativo da fração arenosa em quartzo, favorecendo maior percolação hídrica e intensificação do lixiviação. Em contraste, as porções inferiores da vertente registram evidências de redução parcial e colapso estrutural em ambientes de saturação oscilante, resultando em matrizes densas e coesas típicas de transições entre estágios lateríticos e hidromórficos. Os resultados geoquímicos obtidos por fluorescência de raios X e os índices de intemperismo ($CIA > 90$; $MIA > 80$) corroboram o elevado grau de alteração nos ambientes bem drenados, enquanto valores menores de MIA e de teores de Fe_2O_3 e Al_2O_3 nas posições mais baixas indicam reorganização pedológica sob drenagem deficiente. A granulometria confirmou o predomínio de textura arenosa, associada à perda de finos e à arenização *in situ*. As microtexturas de grãos de quartzo observadas por microscopia eletrônica de varredura, como marcas em V, poços de corrosão e películas de sílica, reforçam a atuação conjunta de processos mecânicos e químicos ao longo da evolução do sistema. Em escala de paisagem, esses processos resultaram na formação de uma superfície laterítica madura, com interflúvios aplainados, coberturas arenosas esbranquiçadas e áreas úmidas localizadas nas depressões. O conjunto das evidências indica um sistema para autóctone desenvolvido sob estabilidade tectônica prolongada, no qual a dessilicação, a argiluviação e o lixiviação atuam de forma integrada, promovendo o rebaixamento gradual da superfície topográfica e preservando a assinatura mineralógica do material de origem. A catena estudada expressa, portanto, um equilíbrio transicional entre herança sedimentar e transformação pedogenética, representando o registro da longa atuação do intemperismo tropical sobre os terrenos siltíticos e areníticos.

Palavras-chave: Índices geoquímicos; Microtexturas; Solos arenosos; Mineralogia; Pedogênese.

Abstract

The sandy surficial formations of the Rio Claro region (São Paulo State), within the Paulista Peripheral Depression, record the long-term interaction between weathering, pedogenesis, and geomorphological dynamics under humid tropical conditions. This study integrated morphological, mineralogical, geochemical, grain-size, and microtextural analyses to understand the genesis and evolution of the sandy materials that cover the summits and slopes surrounding an isolated topographic depression. The characterization of the profiles along the hillside revealed a lateral pedogenetic sequence composed of well-drained clayey-sandy Oxisols on the hilltops, soils with incipient Argisol features on the midslope, and hydromorphic Gleysols at the base. This organization reflects an autochthonous and lithology-dependent evolution, controlled by drainage gradients, by the composition of the parent material represented by the siltstone of the Corumbataí Formation and the overlying sandy sediments, and by long-term tropical weathering processes. Mineralogical evidence obtained through X-ray diffraction indicates the predominance of quartz and kaolinite, accompanied by gibbsite in the most weathered horizons, as well as a restricted occurrence of illite in the less-altered layers. This mineral association reflects the progressive transformation of micaceous and chloritic phases into kaolinite and gibbsite, characterizing an advanced stage of clay formation and desaturation. In well-drained profiles, intense desilication and clay mineral dissolution promoted a relative enrichment of the sandy fraction in quartz, favoring greater water percolation and enhanced leaching. In contrast, the lower slope portions record evidence of partial reduction and structural collapse under fluctuating saturation conditions, resulting in dense and cohesive matrices typical of transitions between lateritic and hydromorphic stages. Geochemical results obtained by X-ray fluorescence and weathering indices ($CIA > 90$; $MIA > 80$) confirm the high degree of alteration in well-drained environments, whereas lower MIA values and reduced Fe_2O_3 and Al_2O_3 contents in the lower positions indicate pedological reorganization under poor drainage conditions. The grain-size analysis confirmed the predominance of sandy textures, associated with the loss of fines and *in situ* arenization. Quartz grain microtextures observed under scanning electron microscopy such as V-shaped marks, solution pits, and silica coatings reinforce the combined action of mechanical and chemical processes throughout the system's evolution. At the landscape scale, these processes resulted in the formation of a mature lateritic surface, with flattened interfluves, whitish sandy covers, and localized wetlands in the depressions. The set of evidence indicates an autochthonous soil system developed under prolonged tectonic stability, in which desilication, clay formation, and leaching act in an integrated manner, promoting the gradual lowering of the topographic surface while preserving the mineralogical signature of the parent material. The studied catena therefore expresses a transitional balance between sedimentary inheritance and pedogenetic transformation, representing the record of the long-term action of tropical weathering over siltstone and sandstone terrains.

Keywords: Geochemical indices; Microtextures; Sandy Soils; mineralogy; pedogenesis.

Title in english: Genesis and evolution of sandy surface deposits around an isolated topographic depression

Lista de figuras

Figura 1: Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro/Limeira/Piracicaba (SP).	10
Figura 2: Perfil de solo ilustrativo mostrando os horizontes pedogenéticos (A, E, B), saprolito (C), contato lítico e rocha consolidada (R).	16
Figura 3: Esquema das superfícies e níveis de erosão da Bacia de Sedimentação de Rio Claro - SP.	26
Figura 4: Mapa geológico da região de Rio Claro com destaque para a quadrícula da área de estudo.	31
Figura 5: Mapa pedológico da região de Rio Claro com destaque para a quadrícula da área de estudo.	32
Figura 6: Mapa de localização da área de estudo e dos pontos de tradagens.	33
Figura 7: Esquema ilustrativo feito em GIS da distribuição de solos da área de estudos a partir das tradagens realizadas.	36
Figura 8: Fotografias de amostras coletadas em campo. (A) T1-70-80 cm exibindo bolsões de areia na matriz do solo. (B) T1-90-100 cm com volumes de areia na matriz do solo. (C) T2- 0-7cm evidenciando a camada de areia solta lavada sobre o horizonte superficial. (D) T2-140-160 cm mostrando volumes amarelados. (E) Horizonte T3-Bw2 com matriz bruno amarelado. (F) T3-170-180 cm exibindo volumes acinzentados alongados.....	41
Figura 9: Representação da sequência vertical e lateral dos horizontes de solo na encosta estudada.	45
Figura 10: Difrátogramas obtidos para (A) fração total e (B) fração argila do siltito da Formação Corumbataí.	47
Figura 11: Difrátogramas obtidos para a tradagem T1. (A) fração total e (A') fração argila do horizonte Ap. (B) fração total e (B') fração argila do horizonte BA. (C) fração total e (C') fração argila do horizonte Bw1. (D) fração total e (D') fração argila do horizonte Bw2. Kln – caulinita; Gbs – gibbsita; Msc – muscovita; Qtz – quartzo; Dol – dolomita; Ant – Anatásio; ? – não identificado.....	49
Figura 12: Difrátogramas obtidos para a tradagem T2. (A) fração total e (A') fração argila do horizonte Ap. (B) fração total e (B') fração argila do horizonte BA. (C) fração total e (C') fração argila do horizonte Bw1. (D) fração total e (D') fração argila do horizonte Bw2. (E) fração total e (E') fração argila do horizonte Bw3.	53

Figura 13: Difrátogramas obtidos para a tradagem T3. (A) fração total e (A') fração argila do horizonte Ap. (B) fração total e (B') fração argila do horizonte AB. (C) fração total e (C') fração argila do horizonte Bw1. (D) fração total e (D') fração argila do horizonte Bw2. (E) fração total e (E') fração argila do horizonte Bw3.55

Figura 14: Difrátogramas obtidos para a tradagem T4. (A) fração total e (A') fração argila do horizonte Ap. (B) fração total e (B') fração argila do horizonte A1. (C) fração total e (C') fração argila do horizonte A2. (D) fração total e (D') fração argila do horizonte Bg1. (E) fração total e (E') fração argila do horizonte Bg2.....57

Figura 15: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T1 – Ap: (A) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc), estrias paralelas (ep) e poço de corrosão (pc); (B) escamas (es), fratura conchoidal (fc), poço de corrosão (pc) e partícula aderente (pa); (C) cratera (c), placa invertida (pi), poço de corrosão (pc), depressão alongada (da) e fratura conchoidal (fc); (D) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi), abrasão acumulativa (aba) e glóbulos de sílica (gls); (E) marcas em forma de V (V's), marcas de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc), estrias paralelas (ep) e poço de corrosão (pc); (F) placa invertida (pi), marca de percussão crescente (mc) e fratura conchoidal (fc); (G) glóbulos de sílica (gls), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc) e partícula aderente (pa); (H) marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi) e partícula aderente (pa); (I) abrasão acumulativa (aba), partícula aderente (pa), glóbulos de sílica (gls), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi), escamas (es) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi), escamas (es) e marcas em forma de V (V's); (K) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (L) abrasão acumulativa (aba), partícula aderente (pa), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's) e fratura conchoidal (fc); (M) placa invertida (pi), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), poço de corrosão (pc) e partícula aderente (pa); (N) abrasão acumulativa (aba), partícula aderente (pa), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), bordas bulbosas (bul) e placa invertida (pi); (O) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), abrasão acumulativa (aba), partícula aderente (pa) e fratura conchoidal (fc); (P) marca de

percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es) e depressão alongada (da); (Q) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), bordas bulbosas (bul) e placa invertida (pi); (R) fratura conchoidal (fc), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es) e abrasão acumulativa (aba); (S) depressão alongada (da), escamas (es), placa invertida (pi), partícula aderente (pa) e fratura conchoidal (fc); (T) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), abrasão acumulativa (aba), partícula aderente (pa) e poço de corrosão (pc); (U) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (V) placa invertida (pi), poço de corrosão (pc) e fratura conchoidal (fc); (W) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc), placa invertida (pi), partícula aderente (pa) e fratura conchoidal (fc); (X) placa invertida (pi), partícula aderente (pa), escamas (es), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's) e marca de percussão crescente (mc).63

Figura 16: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T1 – Bw1: (A) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (B) escamas (es), fratura conchoidal (fc), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls), marca de percussão crescente (mc), depressão alongada (da); (C) marcas em forma de V (V's), película de sílica (ps), placa invertida (pi) e fratura conchoidal (fc); (D) marcas em forma de V (V's), escamas (es), placa invertida (pi); (E) marcas em forma de V (V's), marcas de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), depressão alongada (da), partícula aderente (pa) e poço de corrosão (pc); (F) placa invertida (pi), marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc) e placa invertida (pi); (G) abrasão acumulativa (aba), fratura conchoidal (fc), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e placa invertida (pi); (H) marcas em forma de V (V's), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (I) depressão alongada (da), placa invertida (pi), escamas (es) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc), escamas (es) e marcas em forma de V (V's); (K) placa invertida (pi), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), depressão alongada (da) e escamas (es); (L) poço de corrosão (pc), depressão

alongada (da), escamas (es), placa invertida (pi), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's) e fratura conchoidal (fc); (M) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc); (N) partícula aderente (pa), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), fraturas conchoidais (fc) e placa invertida (pi); (O) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa) poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls) e placa invertida (pi) e fratura conchoidal (fc); (P) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi), escamas (es), poço de corrosão (pc), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (Q) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa), fratura conchoidal (fc) e placa invertida (pi); (R) fratura conchoidal (fc), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi), partícula aderente (pa); (S) marcas em forma de V (V's), escamas (es), placa invertida (pi) e marca de percussão crescente (mc); (T) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (U) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps), placa invertida (pi); (V) bordas bulbosas (bul), partícula aderente (pa), poço de corrosão (pc), marca de percussão crescente (mc), escamas (es), depressão alongada (da) e fratura conchoidal (fc); (W) bordas bulbosas (bul), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc), e fratura conchoidal (fc); (X) película de sílica (ps), escamas (es), fratura conchoidal (fc), marcas em forma de V (V's).....65

Figura 17: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T1 – Bw2: (A) bordas bulbosas (bul), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi) e partícula aderente (pa); (B) escamas (es), fratura conchoidal (fc), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (C) marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi), glóbulos de sílica (gls), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (D) marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi), partícula aderente (pa), marcas de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc); (E) fratura conchoidal (fc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (G) glóbulos de sílica (gls), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (H) poço de

corrosão (pc), partícula aderente (pa) e glóbulos de sílica (gls) e marcas em forma de V (V's); (I) depressão alongada (da), escamas (es), fratura conchoidal (fc), poços de corrosão e marcas em forma de V (V's); (J) depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e marcas em forma de V (V's); (K) escamas (es), marcas de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc) e marcas em forma de V (V's); (L) depressão alongada (da), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), glóbulos de sílica (gls) e marcas de percussão crescente (mc); (M) marca em forma de V (V's), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (N) escamas (es) glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (P) marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e marcas de percussão crescente (mc); (Q) marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi), escamas (es) e depressão alongada (da); (R) marcas em forma de V (V's), escamas (es), marcas de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc); (S) marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (T) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (U) marcas em forma de V (V's), marcas de percussão crescente (mc), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (V) marcas em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls), placa invertida (pi) e fratura conchoidal (fc); (W) marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc), depressão alongada (da) e fratura conchoidal (fc); (X) película de sílica (ps), escamas (es) e marcas em forma de V (V's).

.....67

Figura 18: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T2 – Ap: (A) poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls) e escamas (es); (B) partícula aderente (pa), marcas de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's); (C) marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa), marcas de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc) e fratura conchoidal (fc); (D) marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), escamas (es); (E) escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es), película de sílica (ps) e fratura conchoidal (fc); (G) fratura conchoidal (fc), marcas em forma de V (V's) e escamas (es); (H) marcas em forma de V (V's), partícula aderente (pa) e escamas (es); (I) depressão alongada (da), escamas (es), fratura conchoidal (fc) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de

corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e marcas em forma de V (V's); (K) poço de corrosão (pc), escamas (es) e película de sílica (ps); (L) depressão alongada (da), marcas em forma de V (V's) e partícula aderente (pa); (M) marca em forma de V (V's), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (N) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es) e fraturas conchoidais (fc); (O) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (P) marcas em forma de V (V's), escamas (es), fratura conchoidal (fc), partícula aderente (pa); (Q) marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (R) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da) e glóbulos de sílica (gls); (S) marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (T) marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e partícula aderente (pa); (U) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (V) escamas (es), depressão alongada (da), película de sílica (ps), poço de corrosão (pc) e fratura conchoidal (fc); (W) marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa) e fratura conchoidal (fc); (X) poço de corrosão (pc), escamas (es), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi) e marcas em forma de V (V's).69

Figura 19: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T2 – Bw1: (A) poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's), partícula aderente (pa) e escamas (es); (B) poço de corrosão (pc), escamas (es), fratura conchoidal (fc) e marcas em forma de V (V's); (C) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), marcas de percussão crescente (mc) e borda bulbosa (bul); (D) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep) e poço de corrosão (pc); (E) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (G) marcas em forma de V (V's), escamas (es), marca de percussão crescente (mc), depressão alongada (da), placa invertida (pi), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls); (H) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep) e escamas (es); (I) borda bulbosa (bul), estrias paralelas (ep), escamas (es), película de sílica (ps), poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de corrosão (pc), escamas (es), película de sílica (ps) e marcas em forma de V (V's); (K) poço de corrosão (pc), escamas (es), fratura conchoidal (fc), marca de percussão crescente (mc) e marca em forma de V (V's); (L) depressão alongada (da),

marcas em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (M) marca em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), partícula aderente (pa), fratura conchoidal (fc) e glóbulos de sílica (gls); (N) marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa) e película de sílica (ps); (O) marcas em forma de V (V's) e partícula aderente (pa); (P) marca de percussão crescente (mc), escamas (es), partícula aderente (pa), placa invertida (pi) e glóbulos de sílica (gls); (Q) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (R) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da) e glóbulos de sílica (gls); (S) marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc) e escamas (es); (T) escamas (es), glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc) e depressão alongada (da); (U) marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa), poço de corrosão (pc) e fratura conchoidal (fc); (V) escamas (es), marcas em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc) e glóbulos de sílica (gls); (W) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e partícula aderente (pa); (X) escamas (es), estrias paralelas (ep), placa invertida (pi) e marcas em forma de V (V's). 71

Figura 20: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T2 – Bw3: (A) marcas em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls) e escamas (es); (B) escamas (es), fratura conchoidal (fc), placa invertida (pi) e depressão alongada (da); (C) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), marcas de percussão crescente (mc) e borda bulbosa (bul); (D) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep) e poço de corrosão (pc); (E) marcas em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (G) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), depressão alongada (da), marcas de percussão crescente (mc) e placa invertida (pi); (H) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep) e escamas (es); (I) borda bulbosa (bul), estrias paralelas (ep), escamas (es), película de sílica (ps), poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de corrosão (pc), escamas (es), partícula aderente (pa), película de sílica (ps), estrias paralelas (ep) e marcas em forma de V (V's); (K) marca de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), escamas (es) e marca em forma de V (V's); (L) marcas em forma de V (V's), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (M) marca em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls), partícula aderente (pa), estrias paralelas (ep); (N)

escamas (es), estrias paralelas (ep), partícula aderente (pa), poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's); (O) escamas (es), estrias paralelas (ep), marcas em forma de V (V's), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (P) estrias paralelas (ep), marcas em forma de V (V's) e escamas (es); (Q) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (R) depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc) e fratura conchoidal (fc); (S) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (T) escamas (es), estrias paralelas (ep), partícula aderente (pa) e marcas em forma de V (V's); (U) marcas em forma de V (V's), partícula aderente (pa), poço de corrosão (pc), película de sílica (ps) e depressão alongada (da); (V) placa invertida (pi), escamas (es), película de sílica (ps); (W) depressão alongada (da), escamas (es), partícula aderente (pa) estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc) e fratura conchoidal (fc); (X) escamas (es), estrias paralelas (ep), película de sílica (ps) e marcas em forma de V (V's). 73

Figura 21: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T3 – Ap: (A) marcas de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's), película de sílica (ps) e estrias paralelas (ep); (B) escamas (es) e poço de corrosão (pc); (C) depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), estrias paralelas (ep), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (D) marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa), estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc) e película de sílica (ps); (E) marcas em forma de V (V's), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep), partícula aderente (pa), marcas de percussão crescente (mc); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (G) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), escamas (es), depressão alongada (da) e partícula aderente (pa); (H) marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (I) poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep), película de sílica (ps) e marcas em forma de V (V's); (K) película de sílica (ps), escamas (es), poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), partícula aderente (pa) e marca em forma de V (V's); (L) partícula aderente (pa) e marca em forma de V (V's); (M) marca em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e estrias paralelas (ep); (N) escamas (es) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc), estrias paralelas (ep) e poço de corrosão (pc); (P) escamas (es), poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps) e

depressão alongada (da); (Q) marca de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc), escamas (es), partícula aderente (pa) e marcas em forma de V (V's); (R) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), escamas (es), depressão alongada (da); (S) fratura conchoidal (fc), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (T) marcas em forma de V (V's) e fratura conchoidal (fc); (U) marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa) e placa invertida (pi); (V) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), depressão alongada (da) e película de sílica (ps); (W) marcas em forma de V (V's), escamas (es), estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls) e depressão alongada (da); (X) estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc), marca de percussão crescente (mc) e marcas em forma de V (V's).

.....75

Figura 22: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T3 – Bw1: (A) depressão alongada (da), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (B) partícula aderente (pa), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (C) depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), escamas (es), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (D) depressão alongada (da), marcas em forma de V (V's), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (E) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep), escamas (es), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (F) marcas em forma de V (V's), partícula aderente (pa), estrias paralelas (ep), escamas (es), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (G) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e película de sílica (ps); (H) marcas em forma de V (V's), escamas (es), partícula aderente (pa) e poço de corrosão (pc); (I) poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e marcas em forma de V (V's); (J) poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), depressão alongada (da), fratura conchoidal (fc) e marcas em forma de V (V's); (K) película de sílica (ps), estrias paralelas (ep), fratura conchoidal (fc), partícula aderente (pa), glóbulos de sílica (gls) e marca em forma de V (V's); (L) marca em forma de V (V's), película de sílica (ps), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (M) marca em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), escamas (es) e película de sílica (ps); (N) escamas (es), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps), partícula aderente (pa), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc) e poço de corrosão (pc); (P) estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's) e fratura conchoidal (fc); (Q) poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls) e marcas em forma de V (V's);

(R) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), escamas (es), depressão alongada (da), estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc), película de sílica (ps), glóbulos de sílica (gls) e partícula aderente (pa); (S) glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (T) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da) e poço de corrosão (pc); (U) marcas em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc), depressão alongada (da) e fratura conchoidal (fc); (V) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), depressão alongada (da) e película de sílica (ps); (W) marcas em forma de V (V's), escamas (es), estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls) e depressão alongada (da); (X) estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc), marca de percussão crescente (mc) e marcas em forma de V (V's).....77

Figura 23: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T3 – Bw3: (A) estrias paralelas (ep), glóbulos de sílica (gls), escamas (es) e marcas em forma de V (V's); (B) fratura conchoidal (fc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (C) escamas (es) e poço de corrosão (pc); (D) depressão alongada (da), marcas em forma de V (V's), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (E) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa), escamas (es), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (G) marcas em forma de V (V's), partícula aderente (pa) e película de sílica (ps); (H) escamas (es), estrias paralelas (ep), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (I) poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), depressão alongada (da) e estrias paralelas (ep); (J) poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps), marca de percussão crescente (mc) e marcas em forma de V (V's); (K) escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (L) depressão alongada (da), marca em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (M) marca em forma de V (V's), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (N) escamas (es), marca em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (P) escamas (es), poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's) e partícula aderente (pa); (Q) poço de corrosão (pc), escamas (es), depressão alongada (da) e placa invertida (pi); (R) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), fratura conchoidal (fc), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (S) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente

(mc), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep) e escamas (es); (T) marcas em forma de V (V's), escamas (es), fratura conchoidal (fc), glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (U) marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep), partícula aderente (pa) e marcas em forma de V (V's); (V) placa invertida (pi), marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), escamas (es) e película de sílica (ps); (W) marcas em forma de V (V's), escamas (es), estrias paralelas (ep), película de sílica (ps); (X) depressão alongada (da), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's).....79

Figura 24: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T4 – Ap: (A) estrias paralelas (ep), escamas (es), película de sílica (ps), depressão alongada (da) e poço de corrosão (pc); (B) depressão alongada (da), escamas (es), estrias paralelas (ep), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (C) escamas (es), película de sílica (ps), estrias paralelas (ep) e poço de corrosão (pc); (D) depressão alongada (da), marcas em forma de V (V's), escamas (es) e película de sílica (ps); (E) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e película de sílica (ps); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e película de sílica (ps); (G) marcas em forma de V (V's), escamas (es), estrias paralelas (ep), poço de corrosão (pc) e película de sílica (ps); (H) fratura conchoidal (fc) e glóbulos de sílica (gls); (I) poço de corrosão (pc), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (J) poço de corrosão (pc), escamas (es), depressão alongada (da) e marcas em forma de V (V's); (K) poço de corrosão (pc), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's) e fratura conchoidal (fc); (L) depressão alongada (da), marca em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa) e escamas (es); (M) fratura conchoidal (fc) e escamas (es); (N) escamas (es), depressão alongada (da), marca em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi), marca de percussão crescente (mc) e película de sílica (ps); (P) escamas (es), poço de corrosão (pc), marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep) e película de sílica (ps); (Q) escamas (es), depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc) e marcas em forma de V (V's); (R) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (S) poço de corrosão (pc) e escamas (es); (T) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (U) poço de corrosão (pc) e estrias paralelas (ep); (V) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (W)

marca de percussão crescente (mc), escamas (es), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc) e glóbulos de sílica (gls); (X) escamas (es), partícula aderente (pa) e poço de corrosão (pc).81

Figura 25: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T4 – Bg1: (A) estrias paralelas (ep), escamas (es), película de sílica (ps), depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc) e poço de corrosão (pc); (B) depressão alongada (da), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (C) escamas (es), película de sílica (ps), depressão alongada (da) e glóbulos de sílica (gls); (D) marcas em forma de V (V's), escamas (es), fratura conchoidal (fc) e placa invertida (pi); (E) estrias paralelas (ep), escamas (es) e glóbulos de sílica (gls); (F) escamas (es), glóbulo de sílica (gls), depressão alongada (da) e poço de corrosão (pc); (G) escamas (es), poço de corrosão (pc), depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc), glóbulos de sílica e película de sílica (ps); (H) estrias paralelas (ep), escamas (es), marcas em forma de V (V's), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (I) poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), escamas (es), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (J) poço de corrosão (pc), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (K) poço de corrosão (pc), marca de percussão crescente (mc), marcas em forma de V (V's) e escamas (es); (L) marca em forma de V (V's), película de sílica (ps), fratura conchoidal (fc) e escamas (es); (M) marca em forma de V (V's), depressão alongada (da), película de sílica (ps), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (N) escamas (es), depressão alongada (da), marca em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls), estrias paralelas (ep), marca de percussão crescente (mc), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), escamas (es), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), marca de percussão crescente (mc), poço de corrosão (pc) e película de sílica (ps); (P) escamas (es), poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), marcas em forma de V (V's), depressão alongada (da) e película de sílica (ps); (Q) escamas (es), depressão alongada (da) e marcas em forma de V (V's); (R) marcas em forma de V (V's) e fratura conchoidal (fc); (S) depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (T) marcas em forma de V (V's), escamas (es), depressão alongada (da) e glóbulos de sílica (gls); (U) poço de corrosão (pc), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), marca de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc) e estrias paralelas (ep); (V) marcas em forma de V (V's), escamas (es), película

de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (W) marca de percussão crescente (mc), escamas (es), poço de corrosão (pc), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (X) escamas (es), depressão alongada (da), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc).83

Figura 26: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra T4 – Bg2: (A) estrias paralelas (ep), glóbulos de sílica (gls), escamas (es), depressão alongada (da) e poço de corrosão (pc); (B) estrias paralelas (ep), escamas (es), glóbulos de sílica (gls), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (C) poço de corrosão (pc) e placa invertida (pi); (D) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e marca de percussão crescente (mc); (E) escamas (es); (F) marcas em forma de V (V's), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (G) marcas em forma de V (V's), escamas (es), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (H) escamas (es), marcas em forma de V (V's), poços de corrosão (pc) e depressão alongada (da); (I) poço de corrosão (pc), placa invertida (pi), escamas (es), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), marca em forma de V (V's) e marca de percussão crescente (mc); (J) poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (K) poço de corrosão (pc) e escamas (es); (L) placa invertida (pi), poço de corrosão (pc) e escamas (es); (M) marca em forma de V (V's), película de sílica (ps), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep) e escamas (es); (N) escamas (es), marca em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls), estrias paralelas (ep), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (O) marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc) e película de sílica (ps); (P) escamas (es), poço de corrosão (pc), fratura conchoidal (fc), glóbulos de sílica (gls) e película de sílica (ps); (Q) estrias paralelas (ep), marca de percussão crescente (mc), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (R) marcas em forma de V (V's), depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc) e glóbulos de sílica (gls); (S) depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), marcas em forma de V (V's), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep), película de sílica (ps) e escamas (es); (T) escamas (es), depressão alongada (da), glóbulos de sílica (gls), poço de corrosão (pc); (U) poço de corrosão (pc), borda bulbosa (bul) e marca de percussão crescente (mc); (V) escamas (es), estrias paralelas (ep), depressão alongada (da) e marca de percussão crescente (mc); (W) depressão alongada (da), marca de percussão crescente (mc), escamas (es), poço de corrosão (pc), película de sílica (ps) e glóbulos de sílica (gls); (X)

escamas (es), marca de percussão crescente (mc), glóbulos de sílica (gls), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc).85

Figura 27: Microtexturas reconhecidas em grãos de quartzo identificados por MEV na amostra da rocha: (A) estrias paralelas (ep), glóbulos de sílica (gls), partícula aderente (pa), fratura conchoidal (fc), marcas em forma de V (V's) e poço de corrosão (pc); (B) fratura conchoidal (fc), abrasão acumulativa (aba), poço de corrosão (pc) e partícula aderente (pa); (C) poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa), marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc) e placa invertida (pi); (D) película de sílica (ps), poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa), marcas em forma de V (V's), escamas (es) e marca de percussão crescente (mc); (E) poço de corrosão (pc), partícula aderente (pa), marcas em forma de V (V's) e marca de percussão crescente (mc); (F) marcas em forma de V (V's), estrias paralelas (ep), película de sílica (ps), glóbulos de sílica (gls), partícula aderente (pa) e poço de corrosão (pc); (G) estrias paralelas (ep), escamas (es), partícula aderente (pa), poço de corrosão (pc), depressão alongada (da) e marca de percussão crescente (mc); (H) fratura conchoidal (fc); (I) depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), marca em forma de V (V's) e partícula aderente (pa); (J) marca de percussão crescente (mc), fratura conchoidal (fc) e estrias paralelas (ep); (K) escamas (es); (L) estrias paralelas (ep), depressão alongada (da), partícula aderente (pa), marcas em forma de V (V's) e escamas (es); (M) marca em forma de V (V's), partícula aderente (pa), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), glóbulos de sílica (gls) e escamas (es); (N) marca em forma de V (V's), glóbulos de sílica (gls), fratura conchoidal (fc), película de sílica (ps) e poço de corrosão (pc); (O) partícula aderente (pa), escamas (es) e fratura conchoidal (fc); (P) placa invertida (pi), depressão alongada (da), poço de corrosão (pc), estrias paralelas (ep) e marca de percussão crescente (mc); (Q) depressão alongada (da), marcas em forma de V (V's), fratura conchoidal (fc) e poço de corrosão (pc); (R) partícula aderente (pa), marca de percussão crescente (mc) e poço de corrosão (pc); (S) fratura conchoidal (fc), estrias paralelas (ep), marcas em forma de V (V's), marca de percussão crescente (mc) e partícula aderente (pa); (T) escamas (es) e poço de corrosão (pc); (U) marcas em forma de V (V's), partícula aderente (pa), fratura conchoidal (fc) e escamas (es); (V) escamas (es), fratura conchoidal (fc), partícula aderente (pa), poço de corrosão (pc) e marcas em forma de V (V's); (W) marca de percussão crescente (mc), escamas (es) e poço de corrosão (pc); (X) partícula

aderente (pa), marcas em forma de V (V's), placa invertida (pi) e poço de corrosão (pc).	87
Figura 28: Distribuição granulométrica por horizonte (Perfis T1 a T4).	91
Figura 29: Diagramas de variação multielementar dos perfis T1 a T4, indicando a variação dos óxidos dos elementos maiores com a profundidade.	93
Figura 30: Distribuição dos índices geoquímicos ao longo dos perfis T1 a T4.....	95

Lista de tabelas

Tabela 1: Microtexturas em grãos de quartzo de origem mecânica e/ou química associadas ao paleoambiente inferido.	22
Tabela 2: Condições analíticas e limites de detecção das determinações químicas	38
Tabela 3: Descrição detalhada dos horizontes de solo identificados nos Perfis T1, T2, T3 e T4.	39
Tabela 4: Abundância das 20 microtexturas identificadas via MEV ao longo de todos os perfis (T1 a T4). Abun= abundância; A= abundante; C= comum; P= presente; E= esparso; R= raro e I= inexistente.	60
Tabela 5: Dados obtidos durante ensaio de granulometria para as tradagens T1 a T4.	89
Tabela 6: Óxidos totais para cada perfil descrito.....	92

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVO GERAL E ESPECÍFICOS.....	12
3. BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 Desafios para interpretar pedogênese, intemperismo e a proveniência sedimentar	12
3.1 As microtexturas superficiais em grãos de quartzo	21
3.1 A compartimentação da paisagem da Depressão Periférica Paulista, das superfícies geomórficas na Bacia Do Rio Corumbataí e as características ambientais.....	25
3.1 Litologia e solos: as formações Corumbataí e Rio Claro e os latossolos arenosos nos topos das colinas	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1 A área de estudo	33
4.2 Descrição e coleta de amostras de solo no campo	34
4.3 Caracterização mineralógica por difratometria de raios x	35
4.4 Morfologia e microtexturas dos grãos de quartzo	37
4.5 Análise granulométrica	38
4.6 Análise química total do solo e rocha por fluorescência de raios-x.....	38
5. RESULTADOS	39
5.1 Caracterização da cobertura de solo na encosta.....	39
5.2 Caracterização mineralógica da rocha e dos horizontes do solo	46
5.3 Morfologia e microtexturas dos grãos de quartzo	58
5.4 Análise granulométrica dos horizontes do solo.....	89
5.5 Geoquímica da rocha e dos horizontes do solo	91
6. DISCUSSÃO.....	97
6.1 As transformações pedológicas ao longo da vertente	97
6.2 Caracterização de paleoambientes e mecanismos de transporte por meio de classificação de microtextura em grãos de quartzo.....	105
6.3 Evolução pedogenética das formações superficiais arenosas no entorno da depressão topográfica isolada.....	106
7. CONCLUSÃO.....	109
REFERÊNCIAS.....	111

1. INTRODUÇÃO

A carência de estudos que privilegiem o conhecimento dos materiais de cobertura, principalmente associados à sua gênese e evolução, impossibilita o reconhecimento dos processos intempéricos, pedogenéticos, morfogenéticos e de proveniência responsáveis pela dinâmica da superfície terrestre. A pedogênese pode ser um fator determinante para o início da modelagem do relevo em clima tropical úmido, ocorrendo antes ou concomitante a morfogênese (Queiroz Neto, 2001). Porém, nas regiões tropicais que apresentam solos geologicamente muito antigos, desenvolvidos em relativa estabilidade tectônica e sob a prevalência de vários e sucessivos ciclos paleoclimáticos, mudanças expressivas em suas composições são geralmente encontradas e difíceis de serem interpretadas (Vidal-Torrado et al., 2005).

As coberturas de superfície tornam-se mais complexas quando, além das formações e transformações pedogenéticas, rochas sedimentares fornecem materiais característicos do ambiente deposicional, que podem influenciar ou ser influenciados pela pedogênese. Estudar e compreender os materiais superficiais que recobrem as paisagens tropicais significa contribuir para o conhecimento da formação e evolução desses ambientes, ricos em biodiversidade e intensamente convertidos em diferentes usos antrópicos. Por exemplo, as feições dos perfis de solo e a geomorfologia, que estão em constante mudança devido à atuação de forças naturais e antrópicas ao longo do tempo geológico e histórico, são fundamentais para a reconstituição paleoambiental e têm importantes implicações na previsão da evolução futura desses ambientes (Biffi et al., 2022).

Processos de intemperismo, evolução dos solos, formação de suas arquiteturas em relação com as superfícies topográficas e erosão são ferramentas que esculpem as paisagens (Anderson et al., 2012). Estudos evidenciam que processos fundamentais na evolução das paisagens são determinantes no meio tropical, destacando-se o intemperismo químico, o aprofundamento do manto de intemperismo e a formação de crostas, com ênfase nas ferruginosas e aluminosas (Tardy, 1997, Vasconcelos et al., 2019). Outros elementos, como a variação da litologia, fraturas, porosidade e permeabilidade, influenciam os caminhos do fluxo hídrico, a profundidade do regolito e a topografia (Pupim et al., 2022).

Compreender a origem e a composição desses materiais, que testemunham as modificações do relevo, pode revelar informações importantes sobre processos de

evolução e/ou formação, como material de origem alóctone ou autóctone, e alterações climáticas pretéritas e/ou atuais.

As coberturas sedimentares cenozóicas são pouco expressivas no estado de São Paulo (IPT, 1981b), mas ocorrem de forma representativa nos topos de interflúvios aplainados na Depressão Periférica, correspondentes à Superfície Neogênica de De Martonne (Penteado, 1976). Na região do município de Rio Claro, no centro-leste de estado de São Paulo, na Zona do Médio Tietê da província Depressão Periférica, características únicas da paisagem ainda não foram totalmente compreendidas. As colinas com topos aplainados e encostas convexas, geradas a partir do intemperismo e pedogênese de rochas sedimentares arenosas e silto-argilosas, possuem idades que variam entre o Permiano (~299 Ma) e o Quaternário (atual) (Fig. 1).

No compartimento de contato entre os materiais sedimentares pertencentes à Formação Corumbataí e à Formação Rio Claro, que domina na Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, as formações arenosas de topo caracterizam solos desenvolvidos no entorno de depressão topográfica alagada (áreas úmidas ou *wetlands*) (Furlan et al., 2023). Neste sentido, parece evidente que essa configuração de relevo possa ter influenciado as características das formações superficiais, tornando-as mais complexas devido às mudanças de direção do fluxo hídrico de drenagem do solo, direcionado para o centro da depressão topográfica. A transformação interna do solo é um sistema instalado após a pedogênese tropical, resultando em um processo de arenização. Porém, o que não está claro é se a arenização é um produto da heterogeneidade sedimentar, ou seja, da presença de uma cobertura sedimentar arenosa inconsolidada, depositada em um determinado ambiente geológico deposicional. Portanto, diferentes fatores associados definem a complexidade das características das formações superficiais (solos e alteritas) que se desenvolvem no entorno das pequenas depressões topográficas isoladas, encaixadas nos interflúvios das colinas com topos aplainados e encostas convexas. A presença recorrente de solos arenosos e quartzosos, ocupando os topos e terço superior das encostas, forma bancos de areia quartzosa solta, sensíveis ao transporte e à deposição impulsionados pela erosão hídrica (Penteado, 1976).

Do ponto de vista geológico, a região foi detalhadamente caracterizada tanto em termos litológicos e estruturais quanto em relação aos ambientes de formação, especialmente no que diz respeito às deposições sedimentares de grande expressão na área. Rochas intrusivas vulcânicas e formações sedimentares arenosas

(Formações Piramboia, Botucatu e Itaqueri) do Grupo São Bento (período Triássico-Cretáceo) sobrepõem-se a siltitos, argilitos e aos folhelhos pirobetuminosos e calcários dolomíticos do Permiano (Formações Corumbataí e Irati do Grupo Passa Dois, e Formação Tatuí), além de arenitos, siltitos, varvitos, diamictitos e tilitos do Carbonífero pertencentes ao Grupo Itararé (Björnberg e Landim, 1966; IPT, 1981; Landim, 1967; Riccomini, 1997; Zaine, 1994; Zanardo et al., 2016, Almeida, 2018).

Figura 1: Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná na região de Rio Claro/Limeira/Piracicaba (SP).

ÉON	ERA	PERÍODO	IDADE (Ma)	GRUPO	FORMAÇÃO	ESPESSURA aprox (Metros)	DESCRIÇÃO	AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	2.5		RIO CLARO	30	Arenitos inconsolidados, lentes de argila e níveis conglomeráticos basais	Continental: Planícies aluviais e lacustres
		Neógeno			100	Arenitos conglomeráticos, arenitos silicificados e ferricretes	Continental: Leques aluviais, fluvial e lacustres	
		Paleógeno	23					
	Mesozoico	Cretáceo	~66	SÃO BENTO	SERRA GERAL	100	Basaltos, lentes de arenito, diques e soleiras de diabásio	Magmatismo Fissural
		Jurássico	~145		BOTUCATU	100	Arenitos quartzosos, bem selecionados e bem arredondados	Continental: Desértico
		Triássico	201		PIRAMBÓIA	150	Arenitos quartzosos, bem selecionados, bem arredondados com níveis de lamitos	Continental: Desértico e fluvial
		Paleozoico	Permiano		252	CORUMBATAÍ	100	Siltitos, argilitos, lentes de arenitos finos e níveis de calcários dolomíticos
	Mb. Assistência Mb. Taquaral			IRATI	40	Folhelhos betuminosos, siltitos e calcários dolomíticos	Transicional: Lagunar marinho raso	
	Carbonífero		299		TATUÍ	50	Siltitos e siltitos arenosos	Transicional: Planície costeira
		ITARARÉ		GRUPO ITARARÉ Indiviso no estado de São Paulo	900	Arenitos, siltitos, varvitos, diamictitos e tilitos	Continental: Glacial, leques, fluvial, lacustre Transicional deltaico	
	Pré-Cambriano	~541		EMBASAMENTO		Granitos, migmatitos, gnaisses, xistos e quartzitos		

Fonte: Modificado de Soares e Landim (1975).

A Formação Rio Claro, composta por arenitos pouco consolidados do período Quaternário, situa-se no topo da coluna estratigráfica como material de cobertura do relevo, enquanto os depósitos recentes estão presentes em topos e encostas, recobrando unidades litológicas e depósitos aluvionares nas margens dos rios Corumbataí e Passa-Cinco (Björnberg e Landim, 1966; Melo, 1995).

Estudos prévios conduzidos na região do médio Tietê (por exemplo, no município de Rio Claro) contribuíram para o conhecimento da geologia, geomorfologia, formações superficiais e cobertura pedológica (Calero, 1999; Facincani, 2000; Melo, 1995; Penteado, 1976; Pupim, 2010; Prado et al., 1981; Sousa, 2002; Zaine, 1994). Entretanto, esses estudos não tiveram como objetivo analisar a filiação genética com o substrato rochoso ou a evolução dos materiais de cobertura no entorno das depressões topográficas isoladas, que podem indicar a ocorrência de desequilíbrios da cobertura superficial associados ao paleoclima e/ou à tectônica, por exemplo. Portanto, a ocorrência das formações superficiais arenosas pode ser o reflexo da ampla presença de depósitos sedimentares com marcante heterogeneidade estratigráfica e textural, uma vez que ambos os fatores contribuem para a diferenciação das formações superficiais. Alternativamente, devido ao longo tempo de exposição às condições supérgenas, a arenização superficial nos Latossolos e Argissolos pode estar relacionada a processos pedológicos de degradação da argila (Boulet et al., 2016). Adicionalmente, o desenvolvimento de depressões topográficas isoladas representa ambientes de convergência do fluxo hídrico na vertente, capazes de intensificar a eluviação de argilas e gerar um acúmulo relativo da fração areia na superfície dos perfis de alteração (Dubroeuq e Volkoff, 1998).

Entender o desenvolvimento das coberturas pedológicas permite reconstruir processos de evolução da paisagem em longo prazo e de controle ambiental, associados à retenção hídrica, estoque de carbono, biodiversidade e erosão. Na área de estudo, os solos arenosos são intensivamente utilizados para o plantio de cana-de-açúcar, voltado para a produção de biocombustíveis para o mercado interno e externo. Em razão da característica arenosa, na última década, houve um aumento do uso de fertilizante solúvel NPK (500 kg/ha/ano) com baixa eficiência, como possivelmente resultado da arenização e da erosão hídrica. O aporte contínuo e crescente de fertilizantes fosfatados eleva o consumo energético para a produção agrícola, impactando negativamente a sustentabilidade ambiental.

A interpretação da pedogênese, do intemperismo e da proveniência sedimentar apresenta desafios devido à complexidade dos processos que influenciam os sedimentos, à variabilidade dos fatores ambientais e à dificuldade de correlacionar as propriedades observadas com os processos geológicos e climáticos que atuaram sobre os sedimentos ao longo do tempo.

A partir dessa perspectiva, o estudo local dos materiais de cobertura no entorno das pequenas depressões topográficas da Depressão Periférica Paulista contribuirá para a investigação da origem e desenvolvimento dessas coberturas superficiais, que ainda não estão totalmente compreendidos.

7. CONCLUSÃO

As evidências morfológicas, mineralógicas e geoquímicas demonstram coletivamente que o sistema pedológico ao longo da catena estudada resulta de uma evolução autóctone e litodependente, controlada pela drenagem, composição do material de origem e intemperismo tropical. Desde solos lateríticos oxidantes e bem drenados no topo da vertente até Gleissolo hidromórfico na porção inferior, a sequência revela transformação contínua do siltito Corumbataí e dos sedimentos arenosos sobrejacentes. O domínio progressivo de horizontes ricos em argila nas posições mais baixas e a presença de quartzo nas camadas de topo e meia encosta evidenciam forte diferenciação na intensidade da dessilicação e na drenagem interna, refletindo equilíbrio dinâmico entre estabilidade física e depleção química dentro do sistema de vertente.

A transformação pedológica das fases micáceas e cloríticas em caulinita e gibbsita reflete estágio avançado de argiluviação sob condições tropicais úmidas. Nos perfis bem drenados, a intensa dessilicação e dissolução dos minerais de argila promoveram o enriquecimento relativo em grãos de quartzo, produzindo uma fração grosseira cuja estrutura favorece ainda mais a percolação da água e o lixiviação

subsequente. Em contraste, os horizontes da baixa vertente registram redução parcial e colapso estrutural sob condições de saturação oscilante, originando matrizes densas e coesas típicas de transições entre estágios lateríticos e hidromórficos. Esse gradiente mineralógico e textural define clara hierarquia de horizontes, na qual a drenagem atual e a estabilidade mineral controlam a intensidade e a direção da pedogênese.

Em escala de paisagem, esses processos resultaram em uma superfície laterítica madura, caracterizada pelo aplainamento dos interflúvios, pelo desenvolvimento de coberturas arenosas e pelo estabelecimento de áreas úmidas localizadas em depressões topográficas residuais. A coexistência de solos cauliniticos-gibbsíticos altamente intemperizados com feições sedimentares relictuais indica uma estabilidade tectônica prolongada, pontuada por rejuvenescimentos menores. O resultado cumulativo é um sistema laterítico para-autóctone, no qual dessilicação, argiluviação e lixiviação operam rebaixando gradualmente a superfície topográfica enquanto preservam a assinatura mineralógica do material de origem. Assim, a catena estudada representa um equilíbrio transicional entre herança e transformação, registrando o legado geomórfico e geoquímico do intemperismo tropical prolongado na interface entre terrenos areníticos e siltíticos.

REFERÊNCIAS

- Ab'Sáber, A. N. (1969). A depressão periférica paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácica na Bacia do Paraná. *Geomorfologia*, (15), 1-15. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001351571>.
- Abu-Zeid, M. M., Baghdady, A. R., & El-Etr, H. A. (2001). Textural attributes, mineralogy and provenance of sand dune fields in the greater Al Ain area, United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 48(4), 475-499.
- Almeida, F. F., Hasui, U., Ponçano, W. L., Dantas, A. S. L., Carneiro, C. D. R., Melo, M. S., & Bistrichi, C. A. (1981). Mapa Geológico do Estado de São Paulo, Nota Explicativa. Volume I. Publicação IPT, (1.184).
- Almeida, F. M. (2018). Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, 39(3), 9-75.
- Ameur, M. B., Omar, H., Masmoudi, S., & Yaich, C. (2024). Quartz grain microtextures of Holocene Sebkhass sediments in southeast Tunisia: implications for sedimentary processes and depositional environments. *Journal of African Earth Sciences*, 217, 105329.
- Anderson, S. P., Anderson, R. S., & Tucker, G. E. (2012). Landscape scale linkages in critical zone evolution. *Comptes Rendus. Géoscience*, 344(11-12), 586-596.
- Araujo, A. G., Paisani, J. C., Schrage, T. J., Feathers, J. K., Hartmann, G. A., & Ricci, O. (2017). The “Lagoa do Camargo 1” Paleoindian site: some implications for tropical geomorphology, pedology, and paleoenvironments in southeastern Brazil. *Geoarchaeology*, 32(6), 662-677.
- Armstrong-Altrin, J. S., Ramos-Vázquez, M. A., Madhavaraju, J., Marca-Castillo, M. E., Machain-Castillo, M. L., & Márquez-García, A. Z. (2022). Geochemistry of marine sediments adjacent to the Los Tuxtlas Volcanic Complex, Gulf of Mexico: Constraints on weathering and provenance. *Applied Geochemistry*, 141, 105321.
- Bao, J., Song, C., Yang, Y., Fang, X., Meng, Q., Feng, Y., & He, P. (2019). Reduced chemical weathering intensity in the Qaidam Basin (NE Tibetan Plateau) during the Late Cenozoic. *Journal of Asian Earth Sciences*, 170, 155-165.
- Basu, A. (1985). Reading provenance from detrital quartz. In *Provenance of arenites* (pp. 231-247). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (2017). *Conservação do Solo* (10ª Edição, p. 392). São Paulo: Ícone Editora.
- Bi, L., Yang, S., Li, C., Guo, Y., Wang, Q., Liu, J. T., & Yin, P. (2015). Geochemistry of river-borne clays entering the East China Sea indicates two contrasting types of weathering and sediment transport processes. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(9), 3034-3052.
- Biffi, V. H. R., Santos, M. C. P., Paisani, J. C., & Gasparetto, N. V. L. (2022). 23. Geomorfologia do quaternário e geoarqueologia: aspectos conceituais, metodológicos e aplicações no sul do Brasil.
- Birkeland, P. W. (1999). *Soils and geomorphology* (3rd ed.), Oxford University Press, New York (pp. 372-pp).
- Bjornberg, A., & Landim, P. (1966). Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenoico). São Paulo: SBG. *Boletim Sociedade Brasileira de Geologia* 15 (4), 43-48.
- Bockheim, J. G., Gennadiyev, A. N., Hammer, R. D., & Tandarich, J. P. (2005). Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma*, 124(1-2), 23-36.

- Bjornberg, A., Maciel, A., & Gandolfi, N. (1964). Notas sobre os depósitos modernos da região de Rio Claro–São Paulo. *Boletim Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, Geologia*, 11, 37-57.
- Boulet, R., Chauvel, A., Humbel, F. X., & Lucas, Y. (1982). Analyse structurale et cartographie en pédologie. I: Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cahiers-ORSTOM. Pédologie*, 19(4), 309-321.
- Boulet, R., Lucas, Y., Fritsch, E., & Paquet, H. (2016). Geoquímica das paisagens tropicais: o papel das coberturas pedológicas. *Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)*, 37(2), 1-23.
- Brown, G., & Brindley, G. W. (1980). X-ray diffraction procedures for clay mineral identification.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., & McDaniel, P. A. (2011). Soil genesis and classification. John Wiley & Sons.
- Calero Merino, M. (1999). *Mineralogia e gênese de solos originados de rochas da Formação Irati: região de Piracicaba-SP* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Caracciolo, L. (2020). Sediment generation and sediment routing systems from a quantitative provenance analysis perspective: Review, application and future development. *Earth-Science Reviews*, 209, 103226.
- Cepagri (2020). Clima dos Municípios Paulistas. Disponível online: <http://www.cpa.unicamp.br>.
- Chauvel a. (1976) — Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Thèse Sei. Strasbourg et Trav. et Doc. ORSTOM, 62, (1977), 532 p.
- Chauvel, A. (1977). *Recherche sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées: Évolution et réorganisation des sols rouges de moyenne Casamance (Sénégal)*. FeniXX.
- Coelho, M. R., & Vidal-Torrado, P. (2003). Caracterização e gênese de perfis plínticos desenvolvidos de arenito do Grupo Bauru: I-química. *Revista brasileira de ciência do solo*, 27, 483-494.
- Collins, A. L., Blackwell, M., Boeckx, P., Chivers, C. A., Emelko, M., Evrard, O., ... & Zhang, Y. (2020). Sediment source fingerprinting: benchmarking recent outputs, remaining challenges and emerging themes. *Journal of Soils and Sediments*, 20, 4160-4193.
- Color, M. (1975). Munsell Soil Color Chart: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. *Baltimore, Maryland*.
- Coringa, E. D. A. O., Couto, E. G., Otero Perez, X. L., & Torrado, P. V. (2012). Attributes of the hydromorphic soils in the Pantanal of North Matogrosso. *Acta Amazonica*, 42, 19-28.
- Cox, R., & Lowe, D. R. (1995). A conceptual review of regional-scale controls on the composition of clastic sediment and the co-evolution of continental blocks and their sedimentary cover. *Journal of sedimentary Research*, 65(1a), 1-12.
- Dubroeucq, D., & Volkoff, B. (1998). From Oxisols to Spodosols and Histosols: evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazonia). *Catena*, 32(3-4), 245-280.
- Ekoa Bessa, A. Z., Ambassa-Bela, V., Ndzié-Mvindi, A. T., Armstrong-Altrin, J. S., Ngueutchoua, G., Abioui, M., & Sababa, E. (2024, February). Variations and Quartz Grain Microtextures in Sediments from the Central Part of the Gulf of

- Guinea: Implications for Sedimentary Processes and Depositional Environment. In *Doklady Earth Sciences* (pp. 1-11). Moscow: Pleiades Publishing.
- Espindola, C. R. (2010). A pedologia e a evolução das paisagens. *Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)*, 31(1-2), 67-92.
- Espindola, C. R., & Daniel, L. A. (2008). Laterita e solos lateríticos no Brasil. *Boletim Técnico da FATEC-SP*, BT/24, 21-24.
- Facincani, E. M. (2000). Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP.
- Fanning, D. S., & Fanning, M. C. B. (1989). Soil morphology, genesis and classification.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). Guidelines for soil descriptions, 4th edition, Rome.
- FAO – Food and Agriculture Organization. (2019). *Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos*. Italy: FAO.
- Ferreira, M. M., Fernandes, B., & Curi, N. (1999). Mineralogia da fração argila e estrutura de Latossolos da região sudeste do Brasil. *Revista brasileira de ciência do solo*, 23, 507-514.
- Filoso, S., do Carmo, J. B., Mardegan, S. F., Lins, S. R. M., Gomes, T. F., & Martinelli, L. A. (2015). Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 1847-1856.
- Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research*, 27(1), 3-26.
- Fúlfaro, V. J., & Barcelos, J. H. (1989). Movimentações verticais e evolução da Depressão Periférica e escarpa da Serra Geral em São Paulo. SBG, Simpósio De Geologia Do Sudeste, 1, 109-110.
- Fúlfaro, V. J., & Suguio, K. (1968). A Formação Rio Claro (Neoceno-zóico) e seu ambiente de deposição. *IGG. Instituto Geográfico e Geológico*, 20, 45-60.
- Furlan, L. M., Ferreira, M. E., Moreira, C. A., de Alencar, P. G., Casagrande, M. F. S., & Rosolen, V. (2023). Satellite, UAV, and geophysical data to identify surface and subsurface hydrodynamics of geographically isolated wetlands: understanding an undervalued ecosystem at the Atlantic Forest-Cerrado Interface of Brazil. *Remote Sensing*, 15(7), 1870.
- Furlan, L. M., Rosolen, V., Moreira, C. A., Bueno, G. T., & Ferreira, M. E. (2021). The interactive pedological-hydrological processes and environmental sensitivity of a tropical isolated wetland in the Brazilian Cerrado. *SN Applied Sciences*, 3(2), 144.
- Garzanti, E. (2016). From static to dynamic provenance analysis—Sedimentary petrology upgraded. *Sedimentary Geology*, 336, 3-13.
- Garzanti, E., & Andô, S. (2019). Heavy minerals for junior woodchucks. *Minerals*, 9(3), 148.
- Garzanti, E., Andó, S., France-Lanord, C., Censi, P., Vignola, P., Galy, V., & Lupker, M. (2011). Mineralogical and chemical variability of fluvial sediments 2. Suspended-load silt (Ganga–Brahmaputra, Bangladesh). *Earth and Planetary Science Letters*, 302(1-2), 107-120.
- Gerrard, A. J. (1992). *Soil geomorphology*. Springer Science & Business Media.
- Ghidin, A. A., Melo, V. D. F., Lima, V. C., & Lima, J. M. J. C. (2006). Topossequências de Latossolos originados de rochas basálticas no Paraná: I-mineralogia da fração argila. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30, 293-306.

- Giles, M. R. (1997). Diagenesis: A quantitative perspective: Implications for basin modelling and rock property prediction. (*No Title*).
- Gilio, L., & Castro, N. R. (2017). Avaliação de aspectos limitantes ao crescimento do etanol e o setor sucroenergético no Brasil. *Revista Eletrônica de Energia*, 6(1). Disponível em: <<http://revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/view/4503/3063>>. Acesso em abril 2024.
- Godoy, D. F. D., Hackspacher, P. C., Guedes, S., & Neto, J. C. H. (2006). Reconhecimento da tectônica mezozóica-cenozóica na borda leste da Bacia do Paraná através da aplicação de traços de fissão em apatitas no Domo de Pitanga (Sudoeste de Rio Claro, SP). *Geosciences= Geociências*, 25(1), 151-164.
- Godoy, L. H., Sardinha, D. D. S., & Moreno, M. M. T. (2017). Major and trace elements redistribution in weathered claystones from the Corumbataí Formation, Paraná Sedimentary Basin, São Paulo, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 47(04), 615-632.
- Gomes, A. C. C., Bernardo, N., & Alcântara, E. (2017). Accessing the southeastern Brazil 2014 drought severity on the vegetation health by satellite image. *Natural Hazards*, 89, 1401-1420.
- Guerra, A. J. T., & Jorge, M. D. C. O. (2018). *Degradação dos solos no Brasil*. Editora Bertrand Brasil.
- Hachiro, J. (1996). *O Subgrupo Irati (Neopermiano) da Bacia do Paraná* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Hamblin, A. P. (1986). The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. *Advances in agronomy*, 38, 95-158.
- Harnois, L. (1988). The CIW index: a new chemical index of weathering. *Sedimentary geology*, 55(3), 319-322.
- Higgs, R. (1979). Quartz-grain surface features of Mesozoic-Cenozoic sands from the Labrador and western Greenland continental margins. *Journal of Sedimentary Research*, 49(2), 599-610.
- Hossain, H. Z., Armstrong-Altrin, J. S., Jamil, A. H. M. N., Rahman, M. M., Hernández-Coronado, C. J., & Ramos-Vázquez, M. A. (2020). Microtextures on quartz grains in the Kuakata beach, Bangladesh: implications for provenance and depositional environment. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 1-12.
- Hossain, H. Z., Islam, M. A., Al Hossain, A., Armstrong-Altrin, J. S., & Nipa, F. Y. (2024). Quartz grain surface features and mineralogy of sediments in the Sundarbans Forest site, Bangladesh: Constraints on the depositional environment and provenance. *Arabian Journal of Geosciences*, 17(12), 314.
- Hossain, Z. H., Tarek, M., Armstrong-Altrin, J. S., Monir, M. M. U., Ahmed, M. T., Ahmed, S. I., & HERNANDEZ-CORONADO, C. J. (2014). Microtextures of detrital sand grains from the Cox's Bazar beach, Bangladesh: Implications for provenance and depositional environment. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 9(3), 187-197.
- Humphreys, G. S., & Wilkinson, M. T. (2007). The soil production function: A brief history and its rediscovery. *Geoderma*, 139(1-2), 73-78.
- IBGE. (2022). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>>. Acesso em abril 2024.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Bistrichi, C. A., & Maria do Carmo Soares Rodrigues dos Santos. (1981). *Mapa geológico do Estado de*

- São Paulo escala 1: 500.000. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.
- Jackson, J.A., Bates, R.L., (1997). Glossary of Geology, 4th ed. American Geological Institute.
- Jenny, H. (1941). Factors of Soil Formation McGraw-Hill New York. *Factors of Soil Formation. McGraw-Hill, New York.*
- Johnson, D. L., & Balek, C. L. (1991). The genesis of Quaternary landscapes with stone-lines. *Physical Geography*, 12(4), 385-395.
- Johnson, D.L. (1985). Soil thickness processes. *Catena* (suppl. 6), 28–40.
- Johnsson, M. J. (1990). Tectonic versus chemical-weathering controls on the composition of fluvial sands in tropical environments. *Sedimentology*, 37(4), 713-726.
- Johnsson, M. J. (1993). The system controlling the composition of clastic sediments.
- Johnsson, M. J., & Meade, R. H. (1990). Chemical weathering of fluvial sediments during alluvial storage; the Macuapanim Island point bar, Solimoes River, Brazil. *Journal of Sedimentary Research*, 60(6), 827-842.
- Johnsson, M. J., Stallard, R. F., & Lundberg, N. (1991). Controls on the composition of fluvial sands from a tropical weathering environment: Sands of the Orinoco River drainage basin, Venezuela and Colombia. *Geological Society of America Bulletin*, 103(12), 1622-1647.
- Kämpf, N., & Curi, N. (2000). Óxidos de ferro: Indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. *Tópicos em Ciência do Solo, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 1, 107-38.
- Kämpf, N., & Curi, N. (2012). Formação e evolução do solo (Pedogênese). *Pedologia: fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 207-302.
- Kämpf, N., Marques, J. J., & Curi, N. (2012). Mineralogia de solos brasileiros. *Pedologia: fundamentos. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 81-146.
- Kellog, C., & Davol, F. (1949). An explanatory study of soil groups in the Belgian Congo. Publications of INEAC. Ser. Sci, 46.
- Ker, J. C. (1997). Latossolos do Brasil: uma revisão. *Geonomos*.
- King, L. C. (1956). *A geomorfologia do Brasil Oriental*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Conselho Nacional de Geografia.
- Kraus, M. J. (1999). Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications. *Earth-Science Reviews*, 47(1-2), 41-70.
- Krinsley, D. H., & Doornkamp, J. C. (1973). Atlas of sand grain surface textures. *England: Cambridge University Press, Cambridge*, 91.
- Krinsley, D., & Trusty, P. (1985). Environmental interpretation of quartz grain surface textures. *Provenance of arenites*, 213-229.
- Kronka, F. D. N., Nalon, M. A., Matsukuma, C. K., Pavão, M., Guillaumon, J. R., Cavalli, A. C., ... & Haack, P. G. (1998). Áreas de domínio do cerrado no Estado de São Paulo. *Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo*.
- Landim, P. M. B. (1970). *O Grupo Passa Dois (P) na Bacia do Rio Corumbataí (SP)* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Landim, P. M. B., & Mendes, J. C. (1967). Grupo Passa Dois na Bacia do Rio Corumbataí.
- Ledru, M.P. 1993. Late Quaternary environmental and and climate changes in central Brazil. *Quaternary Research*, 39:90-98.
- Leneuf, N., 1959. L'alteration des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont derives., O.R.S.T.O.M., Paris, 210 pp.

- Lepsch, I. F. (2016). *Formação e conservação dos solos*. Oficina de textos.
- Li, J., Wang, X., & Wu, W. (2021). Quantification of SEM quartz grain identifying the depositional environment. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(11), 1006.
- Lin, H. (2012). Understanding soil architecture and its functional manifestation across scales. *Hydropedology*, ed. H. Lin (Amsterdam: Elsevier), 41-74.
- Lucas, J., Camez, T., & Millot, G. (1959). Détermination pratique aux rayons X des minéraux argileux simples et interstratifiés. *Sciences Géologiques, bulletins et mémoires*, 12(2), 21-31.
- Madhavaraju, J., Armstrong-Altrin, J. S., James, R. A., & Hussain, S. M. (2021). Palaeoenvironment and provenance signatures inferred from quartz grain surface features: A case study from Huatabampo and Altata beaches, Gulf of California, Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103441.
- Madhavaraju, J., Armstrong-Altrin, J. S., Selvaraj, K., & James, R. A. (2022). Microtextures on quartz grains from the Gulf of Mexico and the Mexican Pacific coastal sediments: Implications for sedimentary processes and depositional environment. *Journal of Palaeogeography*, 11(2), 256-274.
- Margolis, S. V. (1968). Electron microscopy of chemical solution and mechanical abrasion features on quartz sand grains. *Sedimentary Geology*, 2(4), 243-256.
- Mazzullo, J. I. M., Sims, D., & Cunningham, D. (1986). The effects of eolian sorting and abrasion upon the shapes of fine quartz sand grains. *Journal of Sedimentary Research*, 56(1), 45-56.
- Melo, M. S. D. (1995). *A Formação Rio Claro e depósitos associados: sedimentação neoceno-zóica na Depressão Periférica Paulista* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Meunier, A. (2005). *Clays*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Milani, E. J., Rangel, H. D., Bueno, G. V., Stica, J. M., Winter, W. R., Caixeta, J. M., & Neto, O. P. (2007). Bacias sedimentares brasileiras: cartas estratigráficas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15(2), 183-205.
- Milani, J. E. (1997). *Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a dinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental*. Tese (Doutorado em Geociências) -Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Moreno, M. M. T. (2012). *Argilas: Composição mineralógica, distribuição granulométrica e consistência de pastas*. Tese de livre docência, UNESP, IGCE.
- Nahon, D. B. (1991). *Introduction to the petrology of soils and chemical weathering* (pp. xviii+-313).
- Nalon, M. A. (2022). *Inventário da cobertura vegetal nativa do Estado de São Paulo*.
- Nascimento, N. R., & Perez, D. H. (2003). Evolução Pedomorfológica das Vertentes em Conceição do Araguaia (PA): Abordagem Metodológica e Evidências Macro e Micromorfológicas (1). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 4(1).
- Nesbitt, H., & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299(5885), 715-717.
- Oliveira, J. B. (2011). *Pedologia aplicada*. Piracicaba: FEALQ.
- Owens, P. N., Blake, W. H., Gaspar, L., Gateuille, D., Koiter, A. J., Lobb, D. A., Petticrew E.L., Reiffarth D.G., Smith H.G. & Woodward, J. C. (2016). Fingerprinting and tracing the sources of soils and sediments: Earth and ocean science, geoarchaeological, forensic, and human health applications. *Earth-Science Reviews*, 162, 1-23.

- Penteado, M. M. (1976). *Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista* (No. 22). Universidade de S. Paulo, Instituto de Geografia.
- Perez Filho, A., Moreira, V. B., Lämmle, L., Torres, B. A., Valezio, E. V., Rubira, F. G., Aderaldo P.I.C & Souza, A. O. (2021). Depositional rates obtained from absolute dating on surficial covers in the paulista peripheral depression, SE-Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 111, 103491.
- Pessenda, L. C. R., Vidotto, E., De Oliveira, P. E., Buso Jr, A. A., Cohen, M. C. L., de Fátima Rossetti, D., ... & Bendassolli, J. A. (2012). Late Quaternary vegetation and coastal environmental changes at Ilha do Cardoso mangrove, southeastern Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 363, 57-68.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R., Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (1987). Introduction and source materials. *Sand and sandstone*, 1-21.
- Phillips, J. D., & Lorz, C. (2008). Origins and implications of soil layering. *Earth-Science Reviews*, 89(3-4), 144-155.
- Powers, M. C. (1953). A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research*, 23(2), 117-119.
- Prado, H., Oliveira, J. B., & Almeida, C. L. F. (1981). Levantamento pedológico semidetalhado do Estado de São Paulo: quadrícula de São Carlos. *Rio de Janeiro, Aerofoto Cruzeiro*.
- Pupim, F. D. N. *Aspectos fisiográficos do município de Rio Claro-SP*. (2010). 121 f (Doctoral dissertation, Dissertação (mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
- Pupim, F. N., Gautheron, C., Braun, J. J., Quesada-Román, A., & Cornu, S. (2022). Landscape evolution of the tropical regions: Dates, rates and beyond. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1089942.
- Queiroz Neto, J. P. (2001). O estudo de formações superficiais no Brasil. *Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)*, 22(1-2), 65-78.
- Quénard, L., Samouëlian, A., Laroche, B., & Cornu, S. (2011). Lessivage as a major process of soil formation: a revisitation of existing data. *Geoderma*, 167, 135-147.
- Radambrasil, P. (1984). Folha SE. 22 Goiânia. *Rio de Janeiro, 1984*. In: Projeto Radambrasil. (Org.). Levantamento De Recursos Naturais - Projeto Radambrasil. Rio de Janeiro: Gráfica do Projeto Radambrasil, v. 31, p. 349-403, 1984.
- Ramos-Vázquez, M. A., & Armstrong-Altrin, J. S. (2021). Provenance of sediments from Barra del Tordo and Tesoro beaches, Tamaulipas State, northwestern Gulf of Mexico. *Journal of Palaeogeography*, 10(1), 20.
- Ramos-Vázquez, M. A., Armstrong-Altrin, J. S., Verma, S. K., Madhavaraju, J., & James, R. A. (2024). Sediment composition and U–Pb ages of detrital zircons in the Salina Cruz and Puerto Ángel beaches along the Gulf of Tehuantepec, Mexican Pacific. *Geological Journal*, 59(10), 2897-2917.
- Ramos-Vázquez, M. A., Verma, S. K., Armstrong-Altrin, J. S., & James, R. A. (2023). Provenance significance of quartz grain microtextures in the Salina Cruz and Puerto Angel beaches, Oaxaca State, Mexican Pacific. *Arabian Journal of Geosciences*, 16(2), 121.
- Reed, J. S. (1995). Principles of ceramics processing.
- Ren, X., Nie, J., Saylor, J. E., Li, H., Bush, M. A., & Horton, B. K. (2019). Provenance control on chemical weathering index of fluvio-lacustrine sediments: Evidence from the Qaidam Basin, NE Tibetan Plateau. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20(7), 3216-3224.

- Ribeiro, M. R., Jacomine, P. K. T., & Lima, J. F. W. F. (1999). Caracterização e classificação de solos de referência do Estado de Pernambuco. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Riccomini, C. (1997). Considerações sobre a posição estratigráfica e tectonismo deformador da Formação Itaqueri na porção centro-leste do Estado de São Paulo. *Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)*, 18(1-2), 41-48.
- Rohn, R. (1994). *Evolução ambiental da Bacia do Paraná durante o Neopermiano no leste de Santa Catarina e do Paraná* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Rosolen, V., Bueno, G. T., Mutema, M., Moreira, C. A., Junior, I. R. F., Nogueira, G., & Chaplot, V. (2019). On the link between soil hydromorphy and geomorphological development in the Cerrado (Brazil) wetlands. *Catena*, 176, 197-208.
- Ross, J. L. S., & Moroz, I. C. (1996). Mapa geomorfológico do estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, 10, 41-58.
- Rossi, M. (2017). Mapa pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado.
- Salazar, L. F., Nobre, C. A., & Oyama, M. D. (2007). Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America. *Geophysical Research Letters*, 34(9).
- Santos, L. J. C., & de Castro, S. S. (2006). Lamelas (bandas onduladas) em Argissolo Vermelho-Amarelo como indicadores da evolução do relevo: o caso das colinas médias do platô de Bauru (SP). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 7(1).
- Santos, R. D., Lemos, R. D., Santos, H. D., KER, J. C., Anjos, L. D., & Shimizu, S. H. (2013). Manual de descrição e coleta de solo no campo.
- Sayyed, M. R. G. (2014). Lithological control on the mobility of elements during chemical weathering. *Comunicação Geológicas*, 101(1).
- Schaetzl, R. J. (1998). Lithologic discontinuities in some soils on drumlins: theory, detection, and application. *Soil Science*, 163(7), 570-590.
- Schneider, R., Mühlmann, H., Tommasi, E., Medeiros, R. D., Daemon, R. F., & Nogueira, A. A. (1974, October). Revisão estratigráfica da Bacia do Paraná. In *Congresso brasileiro de Geologia* (Vol. 28, No. 1974, pp. 41-65).
- Schwertmann, U. T. R. M., & Taylor, R. M. (1989). Iron oxides. *Minerals in soil environments*, 1, 379-438.
- Schwertmann, U., & Cornell, R. M. (2008). *Iron oxides in the laboratory: preparation and characterization*. John Wiley & Sons.
- Shao, J., Yang, S., & Li, C. (2012). Chemical indices (CIA and WIP) as proxies for integrated chemical weathering in China: inferences from analysis of fluvial sediments. *Sedimentary Geology*, 265, 110-120.
- Silva Netto, J. P. D. (2010). *Sistema municipal de meio ambiente e produção de etanol de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo: estudos de casos em Brotas e Araraquara* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Smith, C., Soreghan, G. S., & Ohta, T. (2018). Scanning electron microscope (SEM) microtextural analysis as a paleoclimate tool for fluvial deposits: A modern test. *GSA Bulletin*, 130(7-8), 1256-1272.
- Soares, P. C., & Landim, P. M. B. (1973). Aspectos regionais da estratigrafia da Bacia do Paraná no seu flanco nordeste. In *Congresso Brasileiro de Geologia* (Vol. 27, No. 1973, pp. 243-256).
- Soares, P. C., & Landim, P. M. B. (1976). Depósitos cenozóicos na região centro sul do Brasil. *Notícia Geomorfológica*, 16(31), 17-39.

- Soares, P. C., & PMB, L. (1975). Comparison between the tectonic evolution of the intracratonic and marginal basins in south Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, vol. 48 (supl.): 313-324.
- Sousa, D. M. G., & Lobato, E. (2004). *Cerrado: correção do solo e adubação*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.
- Sousa, M. O. L. (2002). *Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Artemis, Pau D'alto e Jibóia-Centro do Estado de São Paulo* (Doctoral dissertation, Universidade Estadual de São Paulo).
- Suttner, L. J. (1974). Sedimentary petrographic provinces: an evaluation.
- Tandarich, J. P., Darmody, R. G., Follmer, L. R., & Johnson, D. L. (2002). Historical development of soil and weathering profile concepts from Europe to the United States of America. *Soil Science Society of America Journal*, 66(2), 335-346.
- Tardy, Y. (1997). *Petrology of Laterites and Tropical Soils*. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, ISBN: 9789054106784.
- Thomas, M. F., & Thorp, M. B. (1995). Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late Pleistocene and early Holocene in the humid and sub-humid tropics. *Quaternary Science Reviews*, 14(2), 193-207.
- Valente R.O.A, Vettorazzi C.A. (2002) Landscape structure analysis of the Corumbataí River Basin, SP. *Scentia Forestalis* 62: 114-129.
- Vasconcelos, P. M., Farley, K. A., Stone, J., Piacentini, T., and Fifield, L. K. (2019). Stranded landscapes in the humid tropics: Earth's oldest land surfaces. *Earth Planet. Sci. Lett.* 519, 152–164.
- Vendrame, P. R. S., Eberhardt, D. N., Brito, O. R., Marchão, R. L., Quantin, C., & Becquer, T. (2011). Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado.
- Vepraskas, M. J., Lindbo, D. L., & Lin, H. (2012). Redoximorphic features as related to soil hydrology and hydric soils. *Hydropedology: synergistic integration of soil science and hydrology*, 143-172.
- Vidal-Torrado, P., Lepsch, I. F., & Castro, S. D. (2005). Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 4, 145-92.
- Voicu, G., Bardoux, M., & Voicu, D. (1997). Mineralogical norm calculations applied to tropical weathering profiles. *Mineralogical Magazine*, 61(405), 185-196.
- Vos, K., Vandenberghe, N., & Elsen, J. (2014). Surface textural analysis of quartz grains by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation. *Earth-Science Reviews*, 128, 93-104.
- Warren, L. V., Assine, M. L., Simões, M. G., Riccomini, C., & Anelli, L. E. (2015). The Serra Alta formation, permian, in the central-eastern portion of São Paulo State, Paraná basin, Brazil. *Brazilian Journal of Geology*, 45, 109-126.
- Weiss, T., Siegesmund, S., Kirchner, D. T., & Sippel, J. (2004). Insolation weathering and hygric dilatation: two competitive factors in stone degradation. *Environmental Geology*, 46(3), 402-413.
- Weltje, G. J. (2012). Quantitative models of sediment generation and provenance: State of the art and future developments. *Sedimentary Geology*, 280, 4-20.
- Weltje, G. J., & von Eynatten, H. (2004). Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. *Sedimentary Geology*, 171(1-4), 1-11.
- Zaine, J. E. (1994). *Geologia da formação Rio Claro na Folha Rio Claro (SP)*. 1994 (Doctoral dissertation, Tese (Mestrado em Geociências) - Instituto de

- Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP). Zanardo, A., Montibeller, C. C., Navarro, G. R. B., Moreno, M. M. T., Da Rocha, R. R., del Roveri, C., & Andrezza de Almeida, A. Z. Z. I. (2016). Formação Corumbataí na região de Rio Claro/SP: petrografia e implicações genéticas. *Geosciences= Geociências*, 35(3), 322-345.
- Zaine, J. E. (2000). Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP).
- Zhang, Y. G., Ji, J., Balsam, W. L., Liu, L., & Chen, J. (2007). High resolution hematite and goethite records from ODP 1143, South China Sea: Co-evolution of monsoonal precipitation and El Niño over the past 600,000 years. *Earth and Planetary Science Letters*, 264(1-2), 136-150.