

# FRACIONAMENTO GEOQUÍMICO DE ROCHAS BÁSICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL, BACIA DO PARANÁ, COMO SUBSÍDIO AO BALANÇO DE MASSA EM PERFIS DE SOLOS



Gisele Francelino Miguel<sup>1,3</sup> ([ideia0gisele@hotmail.com](mailto:ideia0gisele@hotmail.com)); Wanilson Luiz-Silva<sup>1</sup> ([wanilson@ige.unicamp.br](mailto:wanilson@ige.unicamp.br)).

<sup>1</sup>Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, UNICAMP;

<sup>3</sup>Bolsista SAE/UNICAMP – Serviço de Apoio ao Estudante

**Palavras Chave:** Formação Serra Geral- Fracionamento geoquímico- modelos gráfico-matemáticos



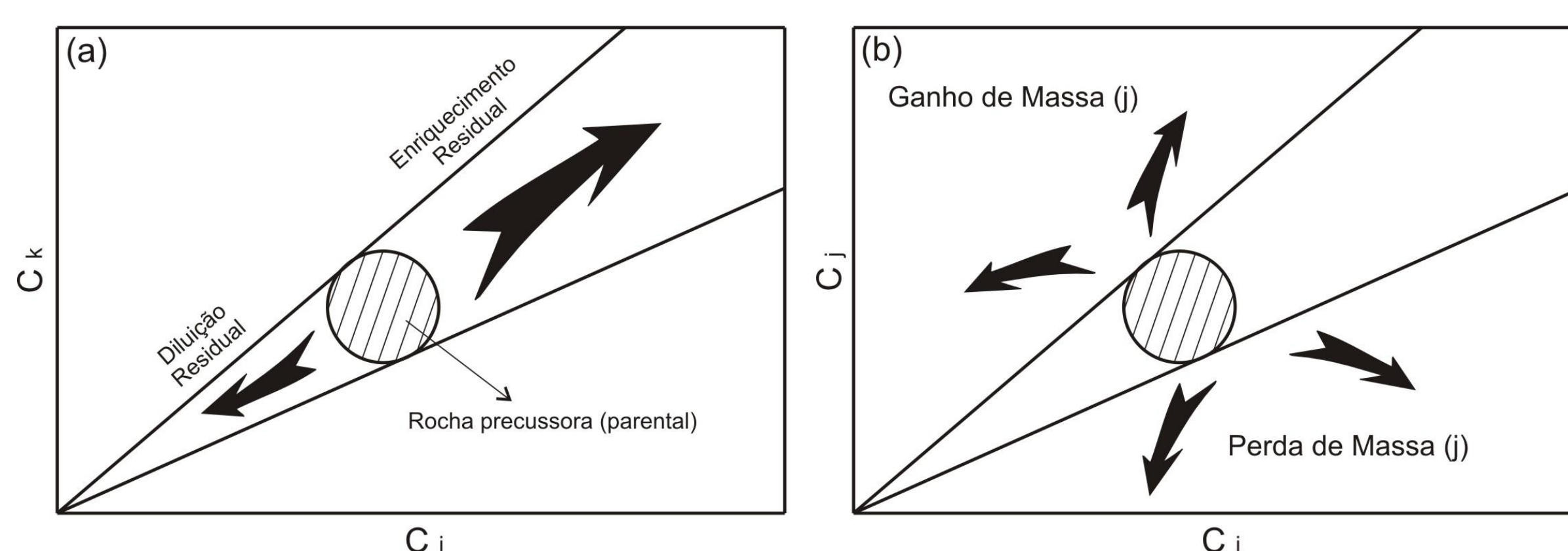
## - Introdução -

A geoquímica de solos derivados da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná) tem apresentado concentrações anômalas para muitos elementos químicos de interesse ambiental e poucos estudos têm avaliado a origem destas anomalias. Esta formação geológica é caracterizada por complexos derrames vulcânicos e intrusões magmáticas, que deram origem a horizontes pedológicos com fortes variações composicionais. Estas variações tendem a ser maior à medida que os processos intempéricos se intensificam, promovendo mudanças de massa com consequente enriquecimento de alguns elementos (elementos imóveis) e empobrecimento de outros (elementos móveis). Este trabalho buscou entender o fracionamento geoquímico da sequência básica da Formação Serra Geral, a partir de dados analíticos disponíveis na literatura e representativos dessa formação nos estados de São Paulo e da região Sul do Brasil. Em adição, este estudo avaliou o grau de intemperismo em solos derivados desta formação, sua ligação com a rocha fonte e o quanto o processo pedogenético foi capaz de incrementar ou diminuir a concentração de elementos químicos, tomando-se como base uma área urbana na cidade de Campinas (SP). Como um método experimental e inédito em geoquímica de solo, os resultados apresentados neste trabalho representam uma maneira prática, simples e útil para a identificação imediata da rocha parental, a partir dos dados geoquímicos de solo. Pode ser importante para estudos futuros no tocante à compreensão da concentração de elementos no solo e sua relação com processos naturais ou antrópicos.

## - Materiais e Métodos -

Foi elaborado um banco de dados geoquímico com amostras de rocha (baseado especialmente em Mincato, 2000) e de solo (baseado em Pereira, 2005). As amostras de rochas são representativas de diabásios e basaltos de afloramentos dos estados de São Paulo e da região Sul do Brasil. Os dados de solos são do Bairro Mansões Santo Antônio, Campinas (SP).

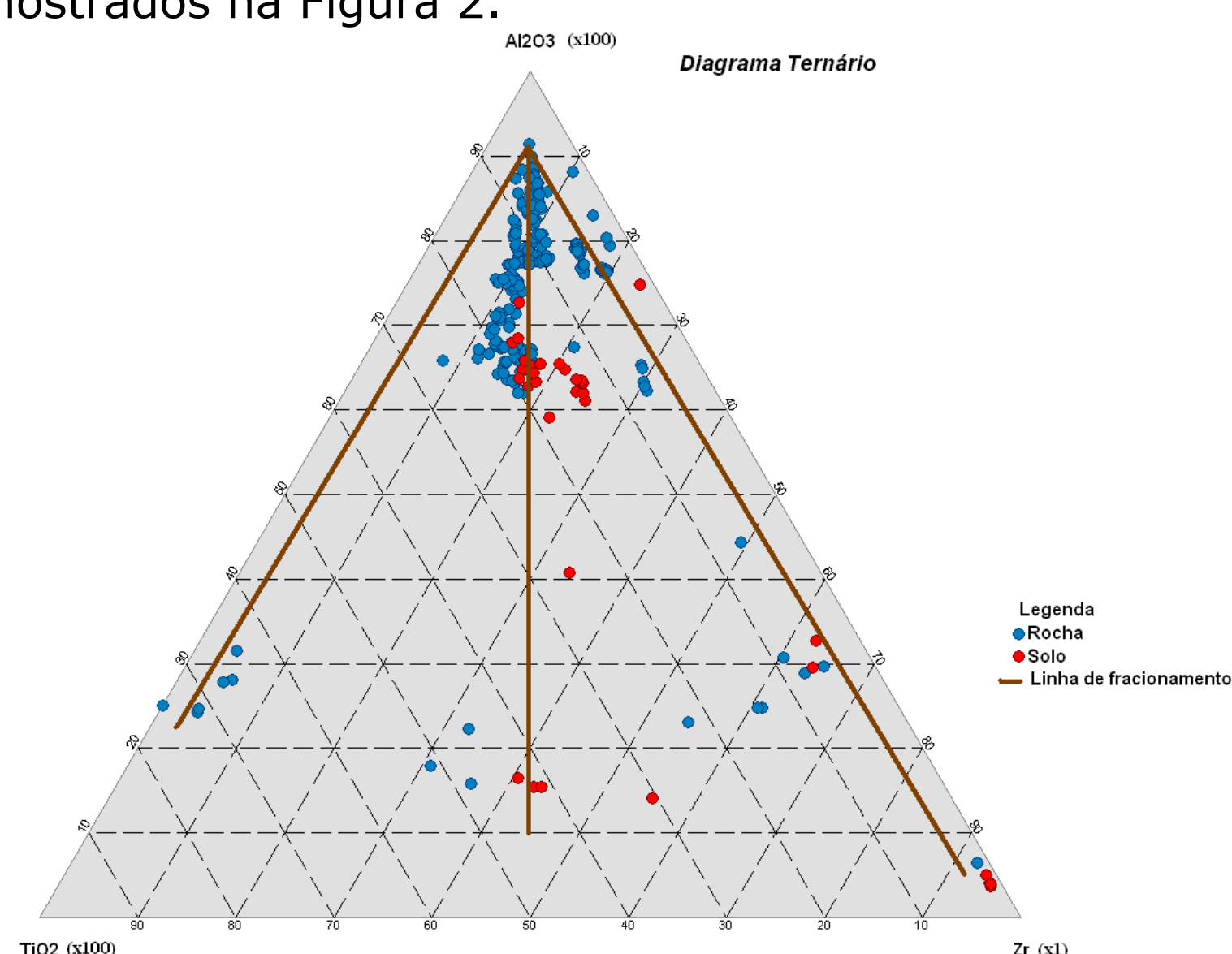
A partir dos dados geoquímicos de rocha, foi gerado um diagrama ternário (Al, Ti e Zr), baseado em Garcia *et al.* (1991), a fim de se entender o grau de fracionamento ígneo da Formação Serra Geral. O resultado final é um diagrama triangular com uma série de pontos que indicam uma tendência de fracionamento geoquímico. Com o mesmo objetivo acima, foram gerados vários gráficos binários (baseado em McLean, 1990), nos quais o eixo das abscissas é representado pelo Al e o eixo das ordenadas por elementos maiores e alguns elementos-traço tratados no presente estudo (rochas). O *trend* de pontos reflete o fracionamento ígneo da Formação Serra Geral. Como consequência do intemperismo (solos), os pontos do *trend* são deslocados em função da variação da massa do sistema químico formador do solo, conforme ilustra a Figura 1.



**Figura 1** – Relações entre as concentrações de dois elementos imóveis  $C_i$  e  $C_k$  em (a), e elemento imóvel  $C_i$  e elemento móvel  $C_j$  em (b), durante o intemperismo (formação de solo) de uma rocha parental. O interior do cone define a região de massa constante.

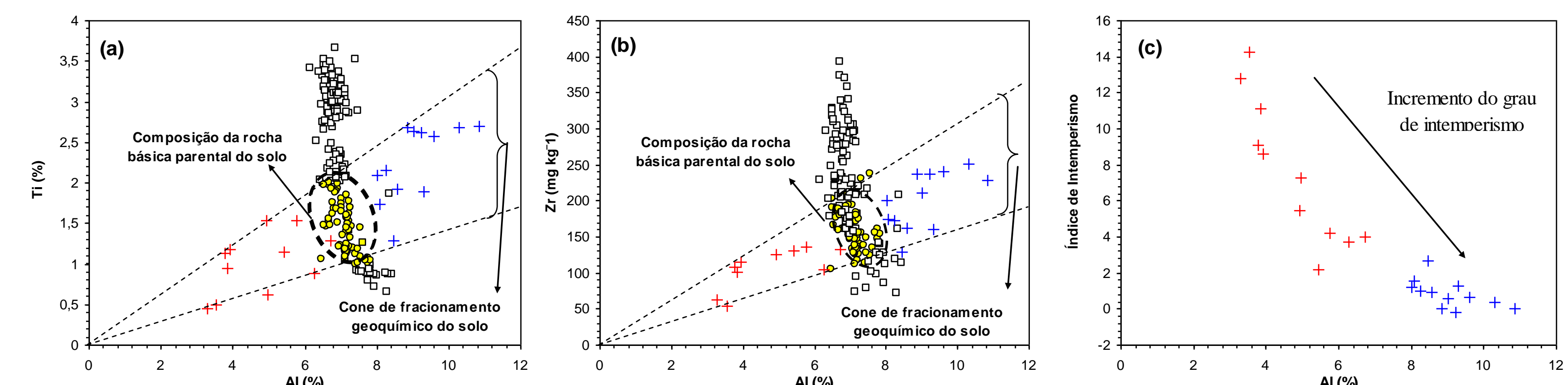
## - Resultados -

O fracionamento trimodal das rochas da Formação Serra Geral e sua relação com os solos derivados são mostrados na Figura 2.



**Figura 2** – Diagrama ternário para rochas e solos da Formação Serra Geral. As linhas marrons indicam os fracionamentos ígneos em um padrão trimodal. As amostras de rocha e solo apresentam o mesmo padrão de fracionamento para os elementos conservativos Al, Ti e Zr, exceto com relação à composição mais rica em Ti (apenas rochas estão representadas). Os solos são da região de Campinas (SP).

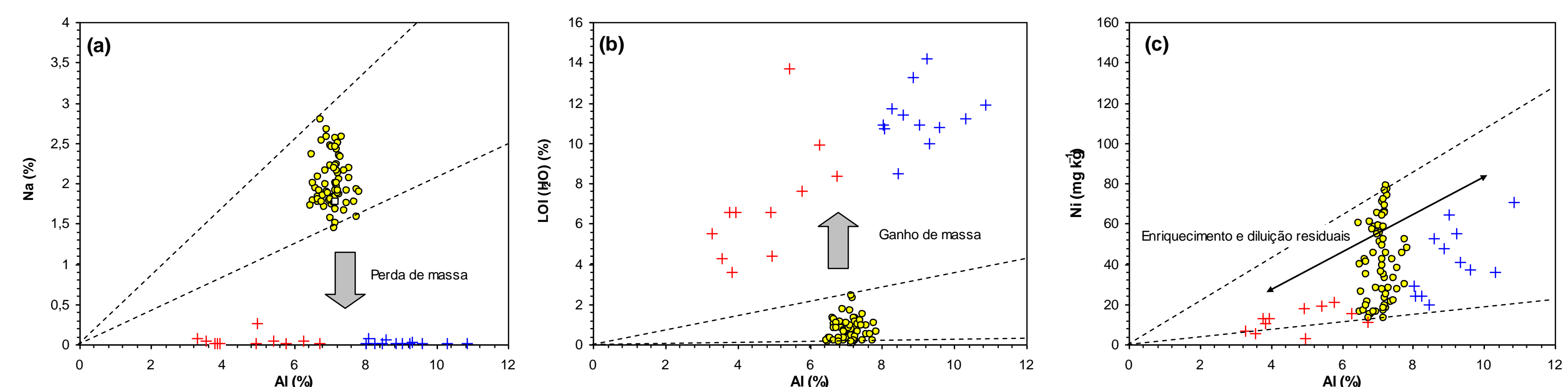
As relações binárias entre Al, Ti e Zr nas amostras de rocha e solo são mostradas nas Figuras 3a e 3b, nas quais está definida a região composicional da rocha parental. A perda de massa (pontos vermelhos) e o ganho de massa (pontos azuis) nos solos são funções do grau de intemperismo destacado na Figura 3c. Por serem elementos imóveis, as concentrações de Al, Ti e Zr aumentam à medida que outros elementos (alcalinos, alcalinos terrosos) são lixiviados, ou seja, incrementa na mesma proporção que se intensifica o intemperismo.



**Figura 3** – Modelos gráficos de fracionamentos geoquímicos (a) Al-Ti e (b) Al-Zr representativos de rochas da Formação Serra Geral (rochas básicas) e de alguns solos derivados desta formação (amostras da região de Campinas/SP). (c) Gráfico do índice de intemperismo vs. Al, computado à partir dos dados geoquímicos dos solos de (a) e (b).

Quadrados = rochas básicas, em amarelo quando representativas da rocha parental dos solos plotados; Cruz vermelha = solo com teores de Al < rochas básicas; Cruz azul = solo com teores de Al > rochas básicas; As linhas pontilhadas definem um cone que envolve o fracionamento dos solos que intercepta o fracionamento das rochas básicas (rocha parental)

O comportamento de elementos que saem do perfil de solo durante o intemperismo (elementos móveis) é ilustrado com o Na na Figura 4a. Isso ocorre também, por exemplo, com o K, Ca e Mg (não mostrados). O comportamento de um elemento que é introduzido no solo durante o intemperismo é ilustrado graficamente com a água (formação de argilominerais) na Figura 4b. Este padrão gráfico mostrado na Figura 4b seria esperado também, por exemplo, para um elemento contaminante do solo (aporte antrópico). Contudo, alguns metais de interesse ambiental que foram testados no presente estudo mostraram, em geral, comportamento conservativo ilustrado com o Ni na Figura 4c. Isso também foi observado para o Cu e Zn avaliados no estudo (não mostrados). Assim, as concentrações destes metais nos solos da área estudada em Campinas (SP) podem ser explicadas como decorrentes dos processos formadores destes solos (enriquecimento e diluição residuais), sem evidências de introduções antrópicas. A Figura 4c sugere que as concentrações de Ni em solos da área estudada podem ser naturalmente tão baixas quanto  $2,8 \text{ mg kg}^{-1}$  ou tão elevadas quanto  $70 \text{ mg kg}^{-1}$ , dependendo da taxa de intemperismo.



**Figura 4** – Modelos gráficos de fracionamentos geoquímicos de (a) Na, (b) água (perda por ignição a  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e (c) Ni (rochas da Formação Serra Geral e solos da região de Campinas/SP).

Círculos amarelos: rochas básicas representativas da rocha parental dos solos plotados; Cruz vermelha: solo com teor de Al menor que da rocha fonte. Cruz azul: solo com teor de Al maior que da rocha fonte.

## - Conclusão -

Os resultados deste projeto sugerem que o modelo gráfico proposto pode ser aplicado para fazer a ligação entre solos e rochas e entender o comportamento dos elementos face ao intemperismo. Pode ser muito útil para prever o quanto o processo de intemperismo é capaz de enriquecer um determinado elemento no solo, uma base importante para ponderações sobre contaminação antrópica. Para a concretização da proposta, estudos geoquímicos de pares de solo-rocha na região de Campinas (SP) devem ser realizados com o intuito de reproduzir os cenários gráficos apresentados nesta investigação.

## - Referências -

- Garcia, D., Coelho, J. Perrin, M. (1991) Fractionation between  $\text{TiO}_2$  and Zr as a measure of sorting within shale and sandstone series (Northern Portugal). *Eur. J. Mineral*, 3: 401-414.
- McLean, W. H. (1990) Mass change calculation in altered rock series. *Miner. Deposita*, 25: 44-49.
- Mincato, R.L. (2000) *Metalogenia dos elementos do grupo da platina com base na estratigrafia e geoquímica da Província Ígnea Continental do Paraná*. Campinas, 2000. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas.
- Pereira, J.C. (2005) *Geoquímica de sedimentos e solos e impacto antrópico na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Santa Cândida, área urbana de Campinas*. Campinas. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Estadual de Campinas.