

# “Folhelhos verdes” carboníferos da Bacia do Solimões: cinzas vulcânicas (K-bentonitas)

*Carboniferous “green shales” of the Solimões Basin: volcanic ashes (K-bentonites)*

Daisy Barbosa Alves | Pekim Tenório Vaz

**Palavras-chave:** K-bentonita | cinza vulcânica | marco estratigráfico | Formação Juruá | Bacia do Solimões

**Keywords:** K-bentonite | volcanic ash | stratigraphic marker | Juruá Formation | Solimões Basin

## resumo

Diversas camadas de K-bentonitas ocorrem intercaladas com as rochas sedimentares da Formação Juruá (Namuriano) na Bacia do Solimões, região Norte do Brasil. Suas espessuras variam de 1 a 15 cm, porém se estendem numa vasta área que compreende os campos de Rio Urucu, Leste de Urucu e Juruá.

Apresentam contatos bruscos com os estratos adjacentes (carbonatos, folhelhos ou mesmo arenitos) e são facilmente identificáveis devido à sua cor verde-maçã típica, textura homogênea e tato sedoso.

Essas K-bentonitas são compostas quase que exclusivamente por um tipo de interestratificado illita-esmectita ordenado ou por illita discreta (polítipo 1M). Ambos os argilominerais se formaram a partir da alteração de cinzas vulcânicas carboníferas. Anteriormente desconhecidas, tais camadas indicam uma rocha-fonte adicional de clastos para esta bacia àquela época. Devido à especificidade de sua origem, podem, portanto, vir a se tornar marcos estratigráficos úteis às correlações locais e regionais ao longo da Bacia do Solimões.

## introdução e características gerais

Em diversos testemunhos recuperados em poços da Bacia do Solimões, foram observadas camadas de rochas pelíticas verdes que, semelhantes ao talco, possuem superfície suave e sedosa ao tato (fig. 1a e 1b). Devido à sua cor verde-clara típica foram então denominadas operacionalmente como “folhelhos verdes” (Alves e Vaz, 2002).

As camadas desta litologia geralmente exibem pequenas espessuras, 1 a 15 cm, mas possuem uma ampla distribuição geográfica que se estende através dos campos de Rio Urucu, Leste do Urucu, Juruá e outras áreas da bacia (fig. 2). Encontram-se intercaladas a sedimentos da Formação Juruá (Namuriano) (Eiras *et al.* 1994), abaixo do Marco 200, principalmente em associação a carbonatos (laguna, inframaré) ou folhelhos (planície lamosa, laguna, inframaré), e às vezes a arenitos (eólico, canais e barras de inframaré). Em quase todos os casos, apresentam contatos bruscos com as rochas sobrepostas e sotopostas (fig. 1b); além disso, geralmente ocorrem sob forma fragmentada, enquanto as rochas situadas imediatamente acima ou abaixo não apresentam tal aspecto.

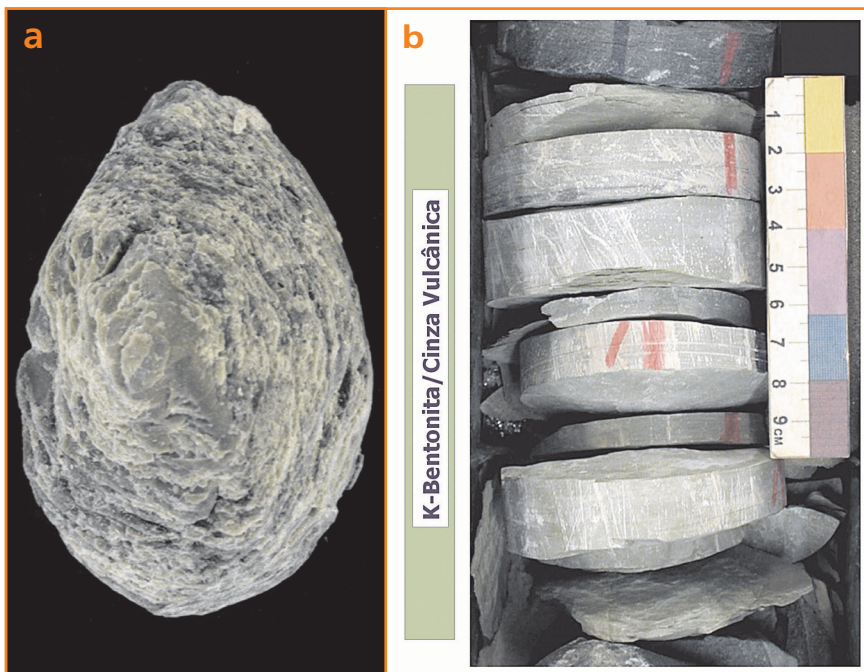
Figura 1

Camada de “folhelho verde”. a) Aspecto geral de uma amostra vista em corte transversal ao comprimento do testemunho. b) Relação de contatos com as litologias adjacentes.

Figure 1

“Green shale” bed.

a) General aspect of a sample seen on a cross section along the length of the core. b) Contact relationships with adjacent lithologies.



Devido às peculiaridades desta litologia, um estudo de caráter químico-mineralógico foi desenvolvido com vistas à identificação de sua origem. Neste estudo, os resultados obtidos são apresentados em conjunto com uma discussão quanto às suas implicações geológicas.

## amostras e métodos de análise

Para a caracterização da composição químico-mineralógica dos “folhelhos verdes”, amostras de testemunhos provenientes de 12 poços da Bacia do Solimões foram empregadas. Algumas amostras de folhelhos cinza ou preto, representativos da Formação Juruá, também foram selecionadas com vistas à obtenção de características análogas para a sedimentação pelítica contemporânea. No total, foram processadas 30 (trinta) amostras.

Devido à sua textura petrográfica fina, a composição mineralógica das amostras foi obtida através das análises de difratometria de raios X, incluindo a mineralogia total e a da fração inferior a 2 *micra* (argilominerais). Já a composição química das amostras em rocha total foi determinada pela fluorescência de raios X (elementos maiores e menores), pela espectrometria de massas com fonte de plasma indutivamente acoplado (elementos-traços e terras raras), pela calcimetria (teor dos carbonatos) e por ignição a 1 000°C (perda ao fogo).

## resultados e discussão

Os “folhelhos verdes” possuem uma composição químico-mineralógica típica que, somada às suas propriedades físicas e textura singulares, os distinguem totalmente das rochas pelíticas representativas da Formação Juruá. As amostras mais puras são formadas exclusivamente por argilominerais de apenas dois tipos e, ainda assim, excludentes. Assim, o interestratificado illita-smectita ordenado está presente na maioria delas, mas outras são compostas por illitas discretas e bem cristalizadas (politipo 1M).

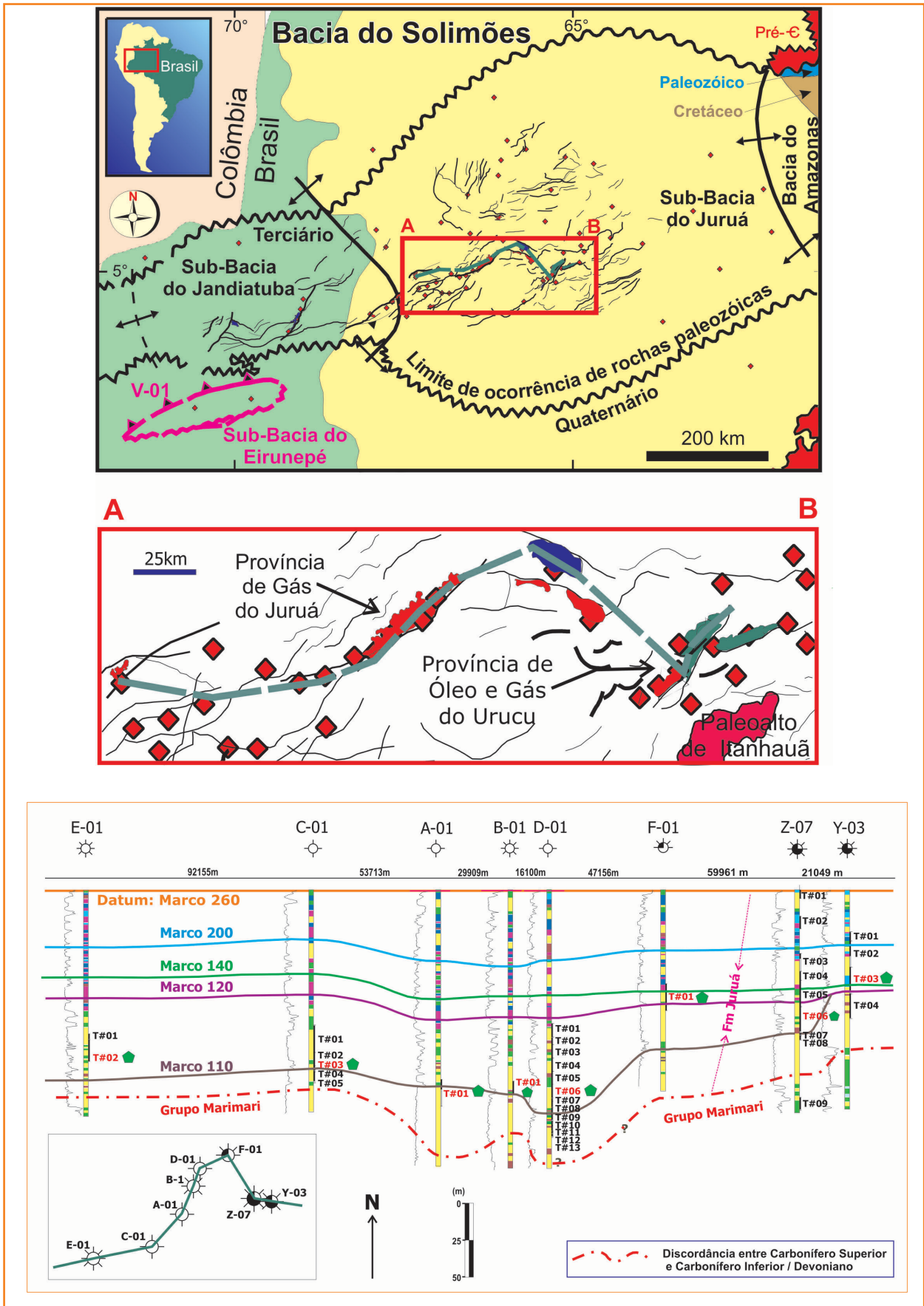


Figura 2  
Localização da área de estudo dentro dos limites da Bacia do Solimões e seção estratigráfica leste-oeste destacando os poços e os testemunhos empregados neste estudo. Pentágonos verdes marcam a posição dos “folhelhos verdes” testemunhados e que foram estudados.

Figure 2  
Location of the study area inside the limits of the Solimões Basin and East-West stratigraphic section highlighting the wells and the cores used in this study. Green pentagons mark the position of cored “green shales” that were studied.

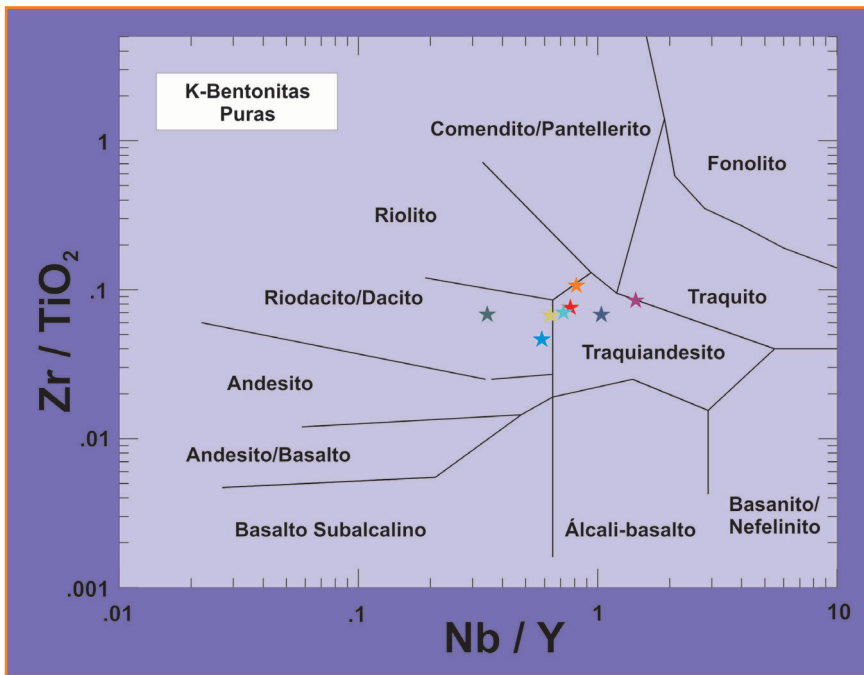


Figura 3 – Distribuição dos resultados analíticos das amostras de K-bentonita pura no diagrama Nb/Y vs. Zr/TiO<sub>2</sub> de Winchester e Floyd (1977).

Figure 3 – Dispersion of analytical results of the K-bentonite samples in the Nb/Y vs. Zr/TiO<sub>2</sub> diagram of Winchester and Floyd (1977).

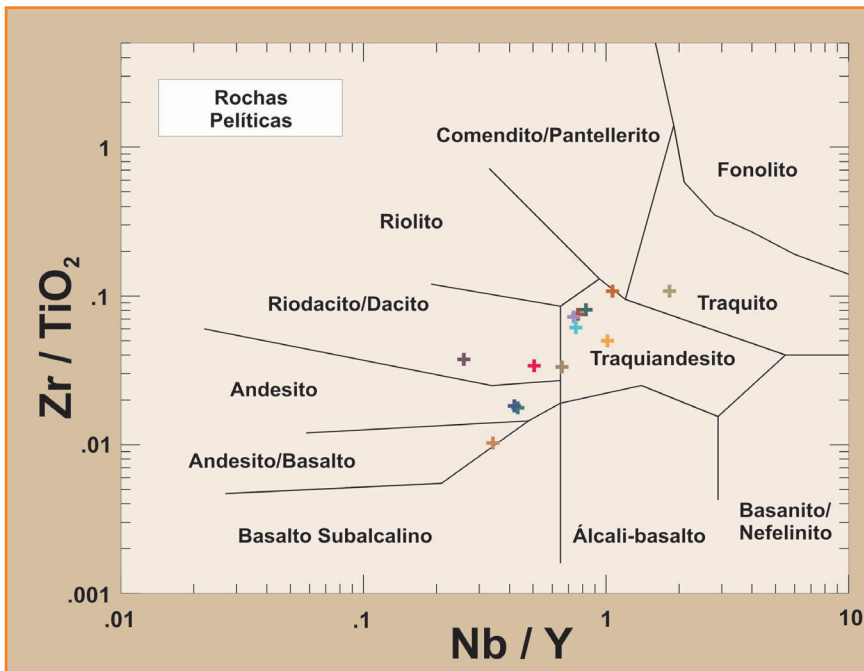


Figura 4 – Distribuição dos resultados analíticos das amostras dos folhelhos representativos da Formação Juruá no diagrama Nb/Y vs. Zr/TiO<sub>2</sub> de Winchester e Floyd (1977).

Figure 4 – Dispersion of analytical results of representative samples of the Juruá Formation in the Nb/Y vs. Zr/TiO<sub>2</sub> diagram of Winchester and Floyd (1977).

Possuindo composição mineralógica tão específica, os “folhelhos verdes” podem então ser identificados como bentonitas, pois atendem aos critérios gerais propostos por Grim e Güven (1978). Entretanto, devido à presença de argilominerais particularmente enriquecidos em potássio (Huff e Turkmenoglu, 1981), essas rochas passam então a ser denominadas como **K-bentonitas**.

Dentro da seção carbonífera da Bacia de Solimões, as K-bentonitas exibem um padrão de ocorrência muito particular, onde se destacam suas pequenas espessuras e distribuição ao longo de uma área muito grande, seu caráter repetitivo, sua composição químico-mineralógica e os contatos abruptos com as litologias adjacentes. Tais propriedades indicam uma fonte intermitente de suprimento de clastos diferenciada no tempo, e que o agente de transporte não era confinado à geometria do sítio de deposição. Desta forma, infere-se que a origem destas K-bentonitas se tenha dado a partir do processo de queda de cinzas vulcânicas trazidas pelo vento e que se depositaram intercaladas às rochas representativas da sedimentação contemporânea.

A composição do vidro vulcânico original predominante equivale aos traquiandesitos (fig. 3), mas não parece ter sido homogênea devido à dispersão dos resultados analíticos no diagrama Zr/TiO<sub>2</sub> vs. Nb/Y (Winchester e Floyd, 1977). A dispersão dos resultados correspondentes aos folhelhos representativos da Formação Juruá é, entretanto, bem maior (fig. 4), possivelmente refletindo uma maior diversidade de tipos de rochas-fontes na sua formação.

A identificação de depósitos de cinza vulcânica na Bacia de Solimões indica, por outro lado, que houve vulcões subaéreos contemporâneos à deposição da seção carbonífera. Na procura de uma localização potencial para estes vulcões, análises similares foram realizadas para as rochas vulcânicas carboníferas do poço V-01 (fig. 5), (distante cerca de 640 km do campo do Rio Urucu), na Sub-bacia do Eirunepé, situada a sudoeste da Bacia do Solimões. Os resultados geoquímicos obtidos (fig. 6), entretanto, não confirmaram tal hipótese, de modo que o vulcão que originou as K-bentonitas ora avaliadas possui localização desconhecida até o momento.



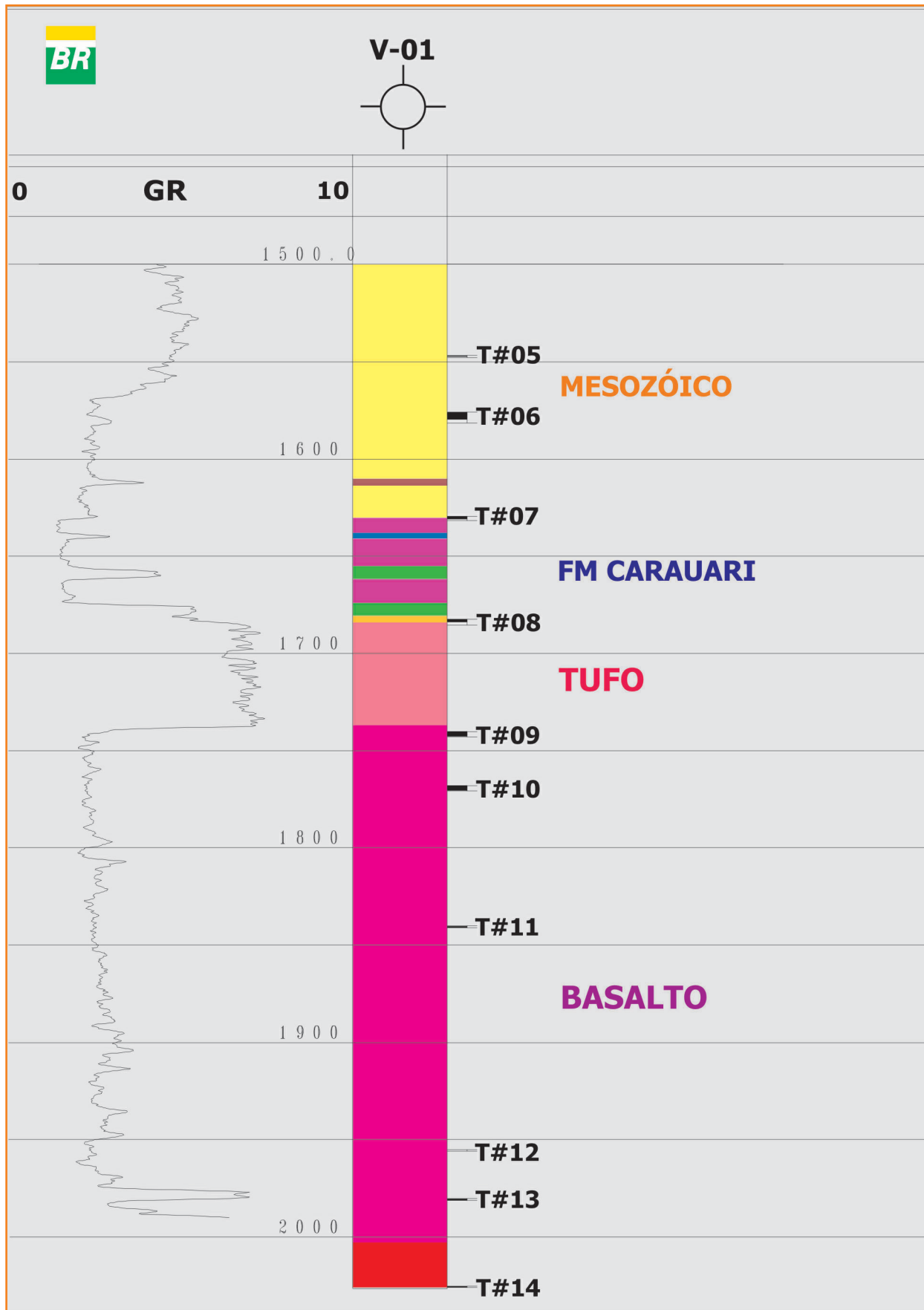
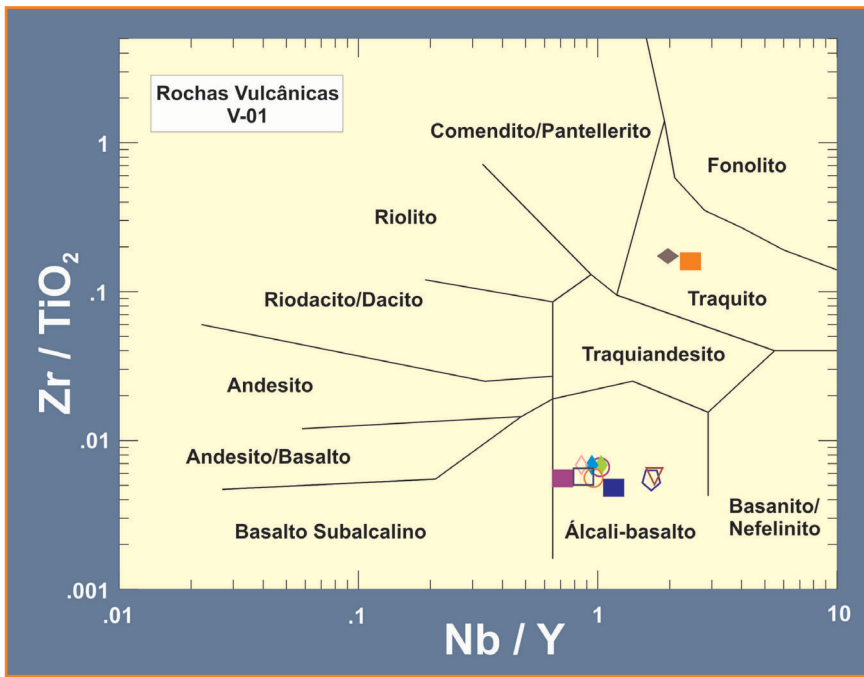


Figura 5

Coluna estratigráfica atravessada pelo poço V-01, caracterizada pela presença de rochas vulcanogênicas do Carbonífero.

Figure 5

Stratigraphic column crossed by well V-01, characterized by the presence of volcanogenic rocks from the Carboniferous.



**Figura 6**  
Distribuição dos resultados analíticos de amostras de rochas vulcânicas do poço V-01 no diagrama Nb/Y vs. Zr/TiO<sub>2</sub> de Winchester e Floyd (1977).

*Figure 6*  
Dispersion of analytical results of volcanic rock samples of V-01 in the Nb/Y vs. Zr/TiO<sub>2</sub> diagram of Winchester and Floyd (1977).

Eventos de queda de cinza vulcânica constituem marcos estratigráficos muito efetivos, pois se prestam inclusive à correlação estratigráfica entre bacias distintas. Nos poços estudados, duas camadas de K-bentonita exibem maior constância lateral e esta feição é sugestiva de que podem ser empregadas com proveito na correlação estratigráfica regional. A primeira é contemporânea ao Marco-140 (Campo de Leste do Urucu); enquanto a outra, mais antiga, encontra-se ao nível da zona JR-88/Marco-110 (Campo do Juruá) (fig. 2).

## conclusões

A existência de camadas de K-bentonitas na Bacia do Solimões é um fato geológico novo e indica a presença de vulcanismo subaéreo associado à sedimentação no Carbonífero. Sua importância pode ser sintetizada nos itens seguintes:

- 1) contribuem para aprimorar o entendimento da história evolutiva da bacia;
- 2) registram a contribuição de rocha-fonte (cinzas vulcânicas) antes desconhecida, e por isso até então não investigada; e
- 3) são potencialmente importantes para uma melhor definição da estratigrafia da região, pois podem vir a ser **marcos estratigráficos** importantes para a bacia.

## referências bibliográficas

ALVES, D. B.; VAZ, P. T. Caracterização químico-mineralógica dos “folhelhos verdes” (K-bentonitas) do Carbonífero da Bacia de Solimões. In: SIMPÓSIO DE SEDIMENTOLOGIA E ESTRATIGRAFIA, 1., 2002, Vitória. **Resumos...** Rio de Janeiro : PETROBRAS. RH. UC. 2002. 2p.

EIRAS, J. F.; BECKER, C. R.; SOUZA, E. M.; GONZAGA, F. G., SILVA, J. G. F.; DANIEL, L. M. F.; MATSUDA, N. S.; FEIJÓ, F. J. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências da Petrobras**, v. 8, n. 1, p. 17-45, jan./mar. 1994.

GRIM, R. E.; GÜVEN, N. **Bentonites, geology, mineralogy, properties and use**. Amsterdam : Elsevier, 1978. 256 p. (Developments in Sedimentology Series, 24).

HUFF, W. D.; TURKMENOGLU, A. G. Chemical characteristics and origin of Ordovician K-bentonites along the Cincinnati Arch. **Clays and Clay Minerals**, Bloomington, v. 29, n. 2, p. 113-123, 1981.

WINCHESTER, J.A.; FLOYD, P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements, **Chemical Geology**, Amsterdam, v. 20, p. 325-343, 1977.

## abstract

Several K-bentonite beds have been found intercalated with sedimentary rocks of the Juruá Formation (Namurian) in the Solimões Basin, northern part of Brazil. These beds are only 1 to 15 cm-thick, but are spread over a wide area, comprising Rio Urucu, Leste de Urucu and Juruá oil and gas fields. They exhibit sharp contacts with the adjacent layers (carbonates, shales or even sandstones) and can be easily identified by their typical apple green color, homogeneous texture and smooth silky touch.

These K-bentonites are composed almost exclusively of either a type of ordered illite-smectite mixed-layer or of discrete illite (1M polytype) - both clay minerals formed from the alteration of Carboniferous volcanic ashes. Unknown previously, such beds point out to an additional clastic source to the basin at this time. Due to their specific origin, they can therefore become stratigraphic markers; which can be useful for local and regional correlations along of the Solimões Basin.

## autor principal

Daisy Barbosa Alves - ver p.154