



Modelo Geológico e Geoquímico do Depósito de Caulim da Mina Fazendinha, Mineração Tabatinga (Tijucas do Sul - PR).

Biondi, J.C.⁽¹⁾, Santos, E.R.⁽¹⁾ e Gianini, P.C.⁽²⁾

João C. Biondi – UFPR – DEGEOL

Caixa Postal 19.001, 81.531-990 – Curitiba (PR)

jcbiondi@geologia.ufpr.br

(1) Universidade Federal do Paraná - Depto de Geologia, (2) Universidade de
São Paulo – Depto de Geologia

Tijucas de Sul (PR), onde se localiza a Mina Fazendinha, é o principal depósito de caulim da região sul. O caulim e o quartzo do minério são essencialmente detríticos, decorrentes da erosão, transporte e deposição a partir de rochas granitóides. Foram sedimentados em um ambiente de leques aluviais medianos a distais e em zonas de inundação adjacentes. Durante o preenchimento da Bacia, ao menos em quatro épocas diferentes houve dessilicificação e aluminização em paleossuperfícies, causando concentração residual de Al_2O_3 e formação de nódulos de gibbsita. O resultado final desse processo foi a formação de um depósito com cinco fácies de minério: Argila siltosa, aluminosa, com turfa (ASt), Argila siltosa com gibbsita (ASng), Argila siltosa (AS), Argila (A) e Argila com matéria orgânica (Ao), dos quais a fácies argila é a principal. Essas fácies foram mapeadas, posicionadas estratigraficamente e caracterizadas quanto a granulometria, mineralogia, Índice de Hinckley e composição química.

Palavras-chaves: Caulim. Geoquímica. Minério. Geologia. Modelo Geológico de Depósito. Tijucas do Sul (PR)

INTRODUÇÃO

A Mina Fazendinha lavra parte do depósito de caulim de Tijucas do Sul (PR), o maior depósito de caulim da região sul do país. Por ser vizinho de



Campo Alegre (SC), onde há 22 minas de caulim em operação, Tijucas do Sul e Campo Alegre têm sido considerados como pertencentes ao mesmo distrito mineiro. Apesar da proximidade geográfica e de produzirem o mesmo tipo de matéria prima, o depósito de Tijucas do Sul tem características geológicas inteiramente diferentes daquelas dos depósitos de Campo Alegre (Biondi e Furtado, 1999, Biondi, 1999, Biondi, 2000). O estudo da Mina Fazendinha, nesse trabalho, mostrará essas características.

GEOLOGIA REGIONAL

O depósito de caulim de Tijucas do Sul está contido na Bacia Sedimentar de Tijucas do Sul, preenchida por sedimentos e rochas sedimentares que têm idades prováveis quaternárias, trazidos pelo Rio da Várzea e seus afluentes. São considerados pertencentes a Formação Guabirotuba (Trein et al., 1969). Em três sondagens rotativas existentes, a maior espessura de rochas sedimentares encontrada na região da Mina Fazendinha foi de cerca de 15 metros (Aumond, 1993). Nesse local, a Formação Guabirotuba tem, na base, cerca de 5,0 m de conglomerado com matriz argilosa, polimítico, com seixos semi-arredondados, com composições predominantemente granitóide (granitos, gnaisses e migmatitos) e riolítica. Esses conglomerados estão cobertos por uma camada com cerca de 0,40m constituída por finas lentes de argilitos, arenitos e conglomerados. Lateralmente essas duas unidades com conglomerados gradam para arenitos cinzentos e/ou amarelos com granulometria fina a média.

Acima das duas unidades basais, conglomeráticas ou arenosa, estão os argilitos e as argilas que constituem o minério do depósito de Tijucas do Sul. Na área da Mina, a primeira camada com argila é constituída por um argilito muito plástico, cor cinza, com cerca de 0,90 m de espessura. Em seguida há uma camada de argila caulinítica com cerca de 6,0 m de espessura (argila tipo "Mina II", da Mineração Tabatinga) que é encimada por cerca de 1,50 m de argila marron (argila tipo "Susí"). A sequência termina com uma cobertura de cerca de 1,80 m que tem argila marron na base e turfa argilosa negra no topo (superfície). As outras duas sondagens mostram que essas unidades desaparecem lateralmente ou mudam rapidamente de espessura, o perfil mais completo conhecido sendo esse da Mina Fazendinha.



GEOLOGIA DA ÁREA DA MINA DE CAULIM FAZENDINHA

A área da Mina Fazendinha foi mapeada a 1:1000. Todos os horizontes de minério e de rochas são camadas ou lentes horizontais, o que torna pouco ilustrativo a apresentação de um mapa geológico.

Fácies litológicas:

As frentes de lavra foram descritas em detalhe, o que possibilitou identificar cinco fácies litológicas (tipos diferentes de rochas, sedimentos e minérios) e selecionar seis secções geológicas, em locais, nas frentes de lavra, onde há maior variedade de fácies. Essas secções foram denominadas TA (Mineração Tabatinga – Secção A), TB, TC, TD, TE e TF. Em cada secção foi feita uma coleta sistemática de amostras, em perfis verticais, obedecendo os contatos geológicos, limites de côr e variações composicionais.

As fácies identificadas, representativas de todos os tipos de litologias que ocorrem nas frentes de lavra da Mina Fazendinha, constam no Quadro I.

Quadro I: Fácies litológicas identificadas nas frentes de lavra da Mina Fazendinha (Santos, 2000).

FÁCIES	POSIÇÃO ESTRATIGRÁFICA	DESCRIÇÃO
Ast	Superfície <i>Topo da unidade</i>	Argila siltosa, côr negra, rica em matéria orgânica, turfosa
ASng	Unidades intermediárias	Argila siltosa muito rica em nódulos de gibbsita e grânulos de feldspato
AS		Argila siltosa com alguns nódulos de gibbsita e grânulos de feldspato
A	<i>Base da unidade</i>	Argila e argilitos com cores cinza e amareladas
Ao	<i>Base da unidade</i>	Fácies de argila rica em matéria orgânica, côr negra. Foi encontrada somente uma pequena parte da Mina, na base da secção TD.

Não necessariamente todas essas fácies ocorrem em todos os locais da Mina. Em cada secção as suas espessuras variam, e podem faltar uma ou



Tabela II : Resultados, médias e desvios padrões das análises químicas das amostras das fácies de minério de caulim da Mina Fazendinha (Mineração Tabatinga – PR). Teores de óxidos em % e de elementos traços em ppm.

	fácies	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
MÉDIAS DP = Desvio Padrão	Média	45,58	18,49	2,73	2,80	0,02	0,31	0,15	0,11	0,20	0,12	17	30	35	943	43
	DP	7,37	0,89	0,03	0,12	0,00	0,00	0,04	0,05	0,03	0,04	9	6	4	151	1
	Média	48,45	25,21	2,05	1,47	0,01	0,09	0,11	0,09	0,18	0,03	7	20	25	860	33
	DP	17,22	7,00	0,50	0,89	0,00	0,06	0,02	0,06	0,06	0,01	4	7	9	249	7
	Média	47,33	25,31	2,12	3,90	0,01	0,07	0,11	0,11	0,19	0,03	11	20	23	812	33
	DP	11,61	5,55	0,38	5,25	0,01	0,09	0,02	0,07	0,05	0,01	5	7	6	190	7
	Média	46,83	27,73	2,17	1,27	0,01	0,06	0,10	0,06	0,23	0,04	10	30	24	979	36
	DP	5,79	2,59	0,47	0,55	0,01	0,06	0,02	0,03	0,23	0,02	9	17	4	331	8
	Média	44,67	23,79	1,67	1,37	0,01	0,16	0,16	0,11	0,36	0,04	18	47	107	414	32
	DP	1,96	3,93	0,09	1,09	0,00	0,01	0,04	0,05	0,21	0,03	6	19	67	50	5
Análises químicas das amostras coletadas nas seções verticais – Mina Bateias (Tijucas do Sul – PR)																
SECÇÃO TF	Seção vertical - amostra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
	Tabatinga F-3	42,287	28,955	1,374	1,03	0,006	0,067	0,152	0,162	0,206	0,027	14	19	41	281	26
	Tabatinga F-2	45,115	24,303	1,775	0,735	0,005	0,159	0,182	0,145	0,25	0,022	11	35	116	392	31
SECÇÃO TE	Tabatinga E-1	42,521	19,629	1,626	0,741	0,008	0,175	0,192	0,138	0,24	0,023	21	37	170	379	27
	Tabatinga D-3	46,37	27,44	1,61	2,63	0,01	0,16	0,11	0,06	0,6	0,069	23	69	36	471	37
	Tabatinga D-2	45,54	28,47	2,28	0,69	0,004	0,02	0,15	0,13	0,15	0,031	7	34	28	816	40
SECÇÃO TD	Tabatinga D-1	66,54	14,0	1,62	0,68	0,01	0,16	0,1	0,08	0,1	0,018		11	19	1023	25
	Tabatinga C-18	76,597	8,407	1,607	4,692	0,03	0,176	0,103	0,052	0,297	0,039	10	20	17	1022	20
	Tabatinga C-17	42,252	30,817	2,578	1,031	0,004		0,097	0,052	0,203	0,024	16	15	26	601	43
	Tabatinga C-16	68,883	15,634	1,317	0,839	0,01	0,086	0,092	0,138	0,101	0,039		15	7	799	24
	Tabatinga C-15	43,38	30,41	2,082	1,501	0,011	0,038	0,097	0,064	0,23	0,041	14	29	25	905	38
	Tabatinga C-14	44,38	30,625	2,16	1,688	0,014	0,043	0,094	0,036	0,256	0,041	11	29	30	1173	38
	Tabatinga C-13	48,898	27,642	1,898	1,637	0,02	0,039	0,091	0,048	0,207	0,042	7	27	20	1358	35



0200905

5 8



Tabela III: Características físico-químicas das fácies dos minérios da Mina Fazendinha (Tijucas do Sul – PR). Resultados em meq/100g (Santos, 2000).

Fácies			pH (CaCl ₂)	Al ³⁺	H + Al	(Ca ²⁺) + (Mg ²⁺)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	Mat.Org =MO
Média Ast			3.0	15.0	1.5	1.0	0.5	0.0	16.5	26.7	9.0
Média ASng			3.2	12.3	1.2	0.8	0.4	0.0	13.4	2.8	9.2
Média A			2.1	8.2	1.1	0.7	0.4	0.0	9.3	2.5	12.5
Ao			4.3	16.3	1.9	1.4	0.5	0.1	18.3	0.2	10.8
Resultados das análises das amostras											
Amostra	Fácies	Côr	PH (CaCl ₂)	Al ³⁺	H + Al	(Ca ²⁺) + (Mg ²⁺)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	Mat.Org =MO
TC-01	ASt	preta	5	20.6	2	1.4	0.6	0.02	22.6	55.9	8.9
TC-02	ASt	preta	2.1	13.1	1.2	0.8	0.4	0.02	14.3	18.5	8.5
TC-03	ASt/ASng	preta	1.8	11.3	1.2	0.8	0.4	0.02	12.5	5.6	9.7
TC-04	ASng	marron	2.9	12.1	1.1	0.7	0.4	0.03	13.2	4.3	8.5
TF-01	ASng	marron	4.6	16.3	1.4	1	0.4	0.04	17.7	0.21	8.1
TC-06	A/AS	marron	2	8.4	1	0.6	0.4	0.03	9.4	3.8	10.9
TC-07	A	cinza	2	8.4	1.1	0.7	0.4	0.03	9.5	3.8	11.9
TC-08	A	cinza	2.2	9	1.1	0.7	0.4	0.02	10.1	3.8	11.1
TC-12	A	cinza	2	7.2	1.2	0.8	0.4	0.001	8.4	0.03	14.4
TD-03	Ao	preta	4.3	16.3	1.9	1.4	0.5	0.07	18.3	0.24	10.8

mais fácies. Nas secções TA e TC a sequência ASng (no topo) – AS – A (na base) se repete (Vide figuras 2A e 2B).

Características das fácies litológicas:

As Tabelas II e III mostram os resultados das análises químicas feitas em amostras coletadas nas secções geológicas feitas nas frentes de lavra da Mina Fazendinha. A comparação entre os teores em óxidos e em elementos traços das análises das diferentes fácies mostra que suas composições químicas são muito parecidas (vide teores médios das fácies, no topo da Tabela II). Há diferenças pequenas apenas nos teores de Fe₂O₃ e de TiO₂, quando comparados aos teores de Al₂O₃ (Fig. 1). Quimicamente os teores de Fe₂O₃ das fácies A, Ao e ASng são praticamente iguais. AS e Ast são mais ricas em ferro que A, Ao e ASng e Ast tem menos Al₂O₃ e mais sílica que AS (Vide Tabela II).

As diferenças químicas mais importantes entre as fácies são as dos teores de Al³⁺, H+Al, (Ca²⁺)+(Mg²⁺), K⁺, CTC e Matéria Orgânica (MO), mostradas na Tabela III (Santos, 2000). Notar que, com exceção da MO, esses teores diminuem gradativamente da superfície (fácies Ast para a base (fácies A) de cada unidade (Vide figura 2). Notar, também, o pH fortemente ácido,



atual, de todas as fácies, caracterizando um ambiente com forte capacidade de lixiviação de substâncias como SiO_2 , alcalinos e alcalino-terrosos.

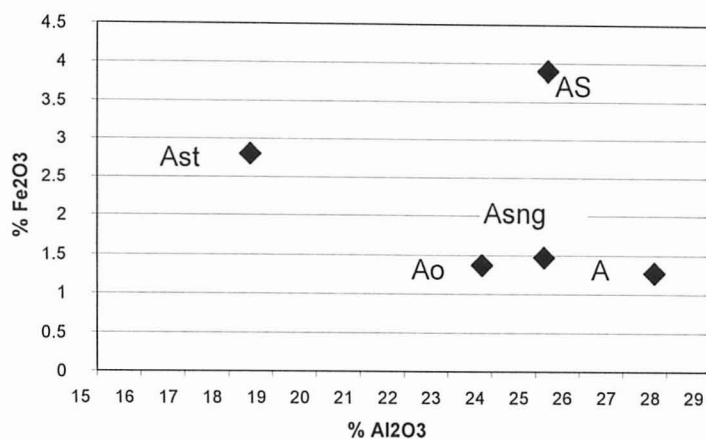


Fig.1: Diferenças entre as as proporções de Fe_2O_3 e Al_2O_3 das composições médias das fácies litológicas da Mina Fazendinha

Tabela IV: Análises granulométricas (Santos, 2000) de amostras representativas das fácies de minérios da Mina Fazendinha (Tijucas do Sul-PR)

Amostra	Fácies	Fração granulométrica (% do peso total)		
		Argila	Silte	Grânulos aluminosos
MÉDIAS	Ast	60	18	22
	ASng	73	9	18
	AS	81	5	14
	A	81	14	5
Resultados das análises das amostras				
A-1	AS	78	3	19
A-2	AS	81	5	14
A-3	ASng	79	10	11
A-4	AS	89	5	6
A-5	ASng	66	7	18
A-6	ASng	75	7	18
A-7	Ast	73	13	14
A-8	A	74	24	2
B-2	ASng	65	14	21
B-3	A	80	13	7
B-4	A	90	5	5



B-4.1	AS	86	3	11
B-4.2	ASng	66	8	26
B-5	Ast	47	23	30

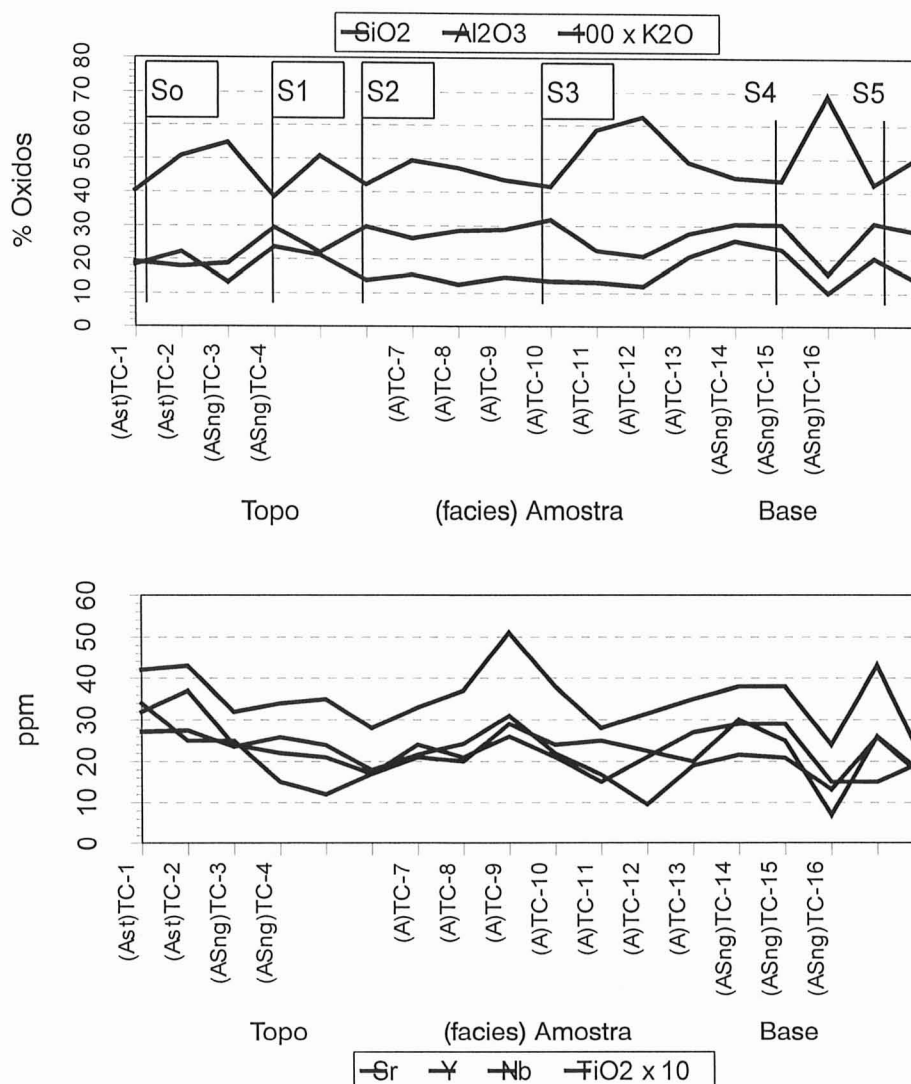


Fig. 2: Variações dos teores de (A) SiO₂, Al₂O₃ e K₂ e (B) de TiO₂, Sr, Y e Nb das fácies litológicas (minérios) do topo (lado esquerdo da figura) até a base (lado direito) ao longo da secção TC, mais representativa da Mina Fazendinha. So a S5 são posições estratigráficas que indicam paleossuperfícies (vide texto para explicação). Notar que há duas unidades tipo ASng – A que se repetem.



Além das características físico-químicas, também a granulometria (Tabela IV) é diferente em cada fácies. No topo das unidades, a proporção de nódulos de gibbsita/argila é grande, e decresce para a base. O topo da unidade, portanto, é mais bauxítico e menos argiloso que a base.

A caulinita com desordem no eixo b e a gibbsita são os argilominerais predominantes em todas as fácies (Santos, 2000). Clorita e vermiculita ocorrem em proporções muito menores. O quartzo sempre ocorre junta à caulinita. Nenhuma das imagens feitas com microscópio eletrônico revelou a presença de haloisita (Santos, 2000). O índice de Hinckley (Ich) das caulinitas varia entre 0,25 e 0,60 (Santos, 2000), caracterizando caulinitas com baixos graus de cristalinidade. A fácies A é a que tem caulinitas melhor cristalizadas, com Ich entre 0,35 e 0,60.

MODELO GEOLÓGICO DA MINA FAZENDINHA

Conforme já ressaltado na figura 2, na área da Mina as fácies se repetem, caracterizando duas unidades maiores, com topos marcados por grande quantidade de nódulos de gibbsita (fácies ASng), que desaparecem gradativamente até a base (fácies A). Essa repetição marca a presença de duas superfícies, a atual e uma outra antiga, que ficaram expostas, sob clima quente e húmido, durante longo tempo, o que proporcionou a lixiviação da sílica (dessilicificação) e o enriquecimento residual da alumina, gerando os nódulos de gibbsita. Esse processo está ativo no presente.

A análise faciológica permitiu definir que as diversas litologias descritas na área da Mina formaram-se por sedimentação de fluxos de detritos em ambientes de inundação (brejos) que ocorreram nas laterais de leques aluviais antigos (Santos, 2000). A repetição dessas inundações, durante milhares de anos, formaram as diferentes unidades de minérios. O exame da figura 2A mostra que a superfície atual (superfície do tempo zero = S_0) é marcada quimicamente por um baixo teor de sílica (dessilicificação) e um alto teor de alumina (bauxitização). Se esse mesmo processo ocorreu em épocas antigas sempre que houve um longo período de exposição da superfície de sedimentação (longos períodos de seca), pode-se inferir que em todas as posições da secção TC (Fig. 2) onde haja empobrecimento em sílica concomitante ao enriquecimento em alumina seja a posição de uma



paleosuperfície. Logo, ao menos cinco paleossuperfícies de lixiviação (épocas de secas longas, nas quais a sedimentação foi interrompida e houve lixiviação química) devem ter ocorrido na região, marcadas estratigraficamente na figura 2 pelas letras S1, S2, S3, S4 e S5 (Santos, 2000).

CONCLUSÕES

As fácies de minérios da Mina Fazendinha caracterizam-se por terem mais argilominerais em direção à base estratigráfica, por serem mais gibbsíticas no topo e por diferentes teores de Al^{3+} , $H+Al$, $(Ca^{2+})+(Mg^{2+})$, K^+ , CTC e Matéria Orgânica (MO). A superfície atual está em processo de bauxitização, o que gera nódulos gibbsíticos, cujas quantidades decrescem para a base. Além da superfície atual, ao menos uma paleossuperfície é caracterizada pela presença de nódulos, porém quatro outras podem ter existido. O depósito de caulinita de Tijucas do Sul é sedimentar, formada pela sedimentação de argilominerais lixiviados de rochas do embasamento que existem nos entornos da Bacia Sedimentar de Tijucas do Sul. Esses argilominerais foram trazidos para a Bacia pelo Rio da Várzea e sedimentados em áreas inundadas nos períodos de cheia. As paleossuperfícies formaram-se em época em que a sedimentação foi interrompida por muito tempo, possibilitando a lixiviação ácida (bauxitização) da superfície.

REFERÊNCIAS

Aumond, J.J. (1993) – Aspectos geológicos de algumas argilas para cerâmica branca da Bacia de Tijucas do Sul. *Cerâmica*, **39** (26):24-26.

Biondi J.C. 1999. Geologia e gênese dos depósitos de caulim Floresta e Cambui (Formação Campo Alegre – SC): 2. Petroquímica e modelo genético. *Revista Brasileira de Geociências*, **29**(1):151-156.

Biondi J.C., Furtado L.I. 1999. Geologia e gênese dos depósitos de caulim Floresta e Cambui (Formação Campo Alegre – SC): 1. Faciologia e mineralogia das rochas e minérios. *Revista Brasileira de Geociências*, **29**(1):141-150.



Biondi J.C., Vanzela G.A., Bartoszeck, M.K. (no prelo). Processos químicos de gênese de depósitos de argilo-minerais a partir de rochas vulcânicas da Formação Campo Alegre (SC). *Geochimica Brasiliensis*, 30 p.

Trein, E., Fuck, R.A. e Muratori, A. (1969) – Geologia da folha de Tijucas do Sul. *Relatório da Comissão da Carta Geológica do Paraná*, 211 p.

Santos, E.R. (2000) – Caracterização mineralógica e contexto geológico das argilas da Mina Fazendinha (Tijucas do Sul, PR). *Tese de Mestrado*, UFPR-Depto de Geologia, 140 p.

Geological and geochemical model for the kaolin deposit from Fazendinha Mine, Tabatinga Mining Company (Tijucas do Sul, PR, Brazil).

Tijucas do Sul, mined by Fazendinha Mine, is the principal kaolin deposit from southern Brazil. The ore's kaolin and quartz are detritic, produced by erosion, transport and sedimentation of basement granitoid rocks. Sedimentation occurs on inundation environments relate to median to distal alluvial fans. During the Basin filling, at least in four different epochs paleosurfaces were formed, causing dessilicification and alumina residual concentration in sediments, generating gibbsite nodules. The result was the genesis of a clay deposit with five different ore facies: Organic, aluminous, silty clay (Ast), silty clay with gibbsite (ASng), silty clay (AS), grey clay (AS) and black organic clay (Ao). These facies were mapped, located stratigraphically and characterized by their granulometries, mineralogies and chemical compositions.

Key-words: Kaolin. Geochemistry. Clay ore. Geological deposit model. Tijucas do Sul (PR, Brazil)