

Utilização do teste de resistência específica na operação de filtros prensa

GILSON NICEAS DE ALMEIDA

Chefe de Divisão da Sabesp

MARIA CAROLINA GONÇALVES

Engenheira da Sabesp

SOFIA ARNEIRO ZAPPA GUIMARÃES

Engenheira da Sabesp

O filtro prensa de placas foi operado com dosagens de 4%, 6% e 8% de cloreto férrico em relação à massa de sólidos totais na amostra de lodo de esgotos. As maiores eficiências foram obtidas para valores desta relação iguais a 4%, enquanto que as tortas com menores teores de umidade foram obtidas para valores iguais a 8%. A resistência específica à filtração do lodo apresentou resultados que variaram de 3×10^{10} cm/g a 40×10^{10} cm/g.

Neste trabalho pretende-se verificar a operação de filtros prensa de placas, utilizando-se o teste de resistência específica à filtração de lodos condicionados com cloreto férrico e cal, estabelecendo-se as melhores dosagens em termos das relações massa de cloreto/massa de sólidos totais da amostra de lodo e massa de cal/massa de sólidos totais da amostra.

Tradicionalmente, o teste CST-Capillary Suction Time é usado para definir as dosagens de produtos químicos no condicionamento de lodos de esgotos a serem desidratados em filtro prensa, quando através deste teste o pH do lodo condicionado é fixado a priori.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os testes realizados utilizam o lodo do digestor anaeróbio da Estação de Tratamento de Esgotos do Ipiranga da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo e empregam cloreto férrico e cal hidratada no condicionamento químico do lodo.

Primeiramente foram feitos 5 ensaios, sendo que em cada um utilizaram-se 10 amostras de lodo digerido de volume igual a 500 ml. Foram fixadas dosagens de cal iguais a 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, estimadas

em função da massa de sólidos totais existentes na amostra de lodo, ou seja, a adição da quantidade de cal não foi condicionada a uma elevação do pH para se atingir um valor previamente estabelecido. Para se obter a melhor dosagem de cloreto férrico, estimada também em função da massa de sólidos totais, variaram-se as quantidades adicionadas de cloreto férrico nos ensaios. Os métodos analíticos empregados nestes ensaios foram: resistência específica à filtração de lodo através do funil de Büchner e o teste de CST.

Os testes de laboratório apresentam também os valores de pH para o lodo condicionado e o tempo de filtração final obtido no teste de resistência específica à filtração do lodo.

A aparelhagem utilizada no teste de resistência específica é mostrada na Figura 1 (ver no final do texto) e consiste de funil de 7,6 cm de diâmetro interno, proveta graduada de 200 ml com dispositivo para conexão de tubo plástico para tomada de vácuo, bomba de vácuo, manômetro de mercúrio, papel de filtro nº 41 e cronômetro.

A representação da resistência específica à filtração do lodo é expressa pela fórmula (1):

$$r_s = \frac{2 P A^2 a}{\mu C}$$

onde:

r_s = resistência específica, cm/g

P = pressão de filtração, g/cm seg²

A = área do filtro, cm²

a = $\frac{d(t/v)}{dv}$ representada pelo gradiente do volume filtrado, seg/cm⁶

μ = viscosidade do filtrado, g/cm seg

c = massa de sólidos em suspensão por unidade do volume filtrado, g/cm³

O valor de "a" permanece constante durante o processo de filtração e é medido na prática com o gráfico representado na Figura 2.

Os resultados obtidos relativos à utilização de cloreto férrico e cal no condicionamento do lodo são apresentados na Tabela 1, onde se tem o relacionamento dos parâmetros envolvidos como pH do lodo condicionado, tempo de filtração final, teste CST e resistência específica com os volumes dos condicionantes químicos utilizados e as relações com as massas de sólidos das amostras de lodo.

Analisando-se todos os ensaios da Tabela 1, nota-se que o tempo de filtração e a resistência específica à filtração de lodo apresentam os menores valores quando a relação massa de cloreto férrico/massa de sólidos totais da amostra está em torno de 8%.

A partir dos resultados dos testes de laboratório foram feitos testes de operação com o filtro prensa piloto. O objetivo da operação foi conhecer a eficiência do filtro prensa piloto quando empregaram-se as melhores dosagens de cloreto férrico e cal definidas nos testes de laboratório.

As unidades constituintes do filtro prensa piloto utilizado é representado de forma esquemática na Figura 3 e o filtro prensa piloto é constituído por 25 placas com diâmetro de 80 cm e pressão de alimentação de 100 kgf/cm².

Inicialmente foram utilizados valores da relação massa de cloreto férrico/massa de sólidos totais da amostra iguais a 8%, operando-se a seguir com valores menores e iguais a 6% e 4%. Os valores de dosagens de cal escolhidos foram 15%, 20% e 25%. Os critérios para a escolha destas dosagens foram o menor consumo de produtos químicos, assim como menores valores apresentados nos testes de resistência específica à filtração do lodo.

Os resultados obtidos relativos à operação do filtro prensa são apresentados na Tabela 2.

A eficiência da operação do sistema de desidratação é obtida pela fórmula:

$$\text{Eficiência} = \frac{RT_T (RT_{LD} - RT_{EF})}{RT_{LD} (RT_T - RT_{EF})}$$

onde:

RT_T = Sólidos Totais da Torta (mg/l)

RT_{LD} = Sólidos Totais do Lodo Digerido (mg/l)

RT_{EF} = Sólidos Totais do Efluente Filtrado (mg/l)

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A Tabela 1 apresenta os valores de resistência específica à filtração do lodo, tempos final de filtração e também os valores de CST para diferentes valores da relação massa de cloreto férrico/massa de sólidos totais da amostra de lodo para os cinco ensaios realizados no laboratório.

O comportamento do tempo final de filtração e da resistência específica à filtração do lodo com a porcentagem de massa de cloreto férrico/massa de sólidos totais pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5.

Baseando-se nos resultados obtidos nos ensaios de laboratório, observou-se que o principal efeito dos produtos químicos condicionantes é mudar a resistência específica à filtração de lodo.

Assim, variando-se a quantidade de cloreto férrico e usando-se valores da relação massa de cal/massa de sólidos totais na amostra iguais a 25%, conseguem-se valores menores de resistência específica à filtração do lodo do que para valores da relação massa de cal/massa de sólidos totais na amostra iguais a 20% e isto ocorre sucessivamente para os valores da relação iguais a 15%, 10% e 5%. Na Tabela 1 pode-se notar também os menores valores de resistência específica à filtração de lodo ocorrem quando os tempos finais de filtração são menores.

Os valores de tempo final de filtração e resistência específica à filtração do lodo foram lançados na Figura 6, considerando-se conjuntamente os dados para os cinco ensaios de laboratório realizados. A reta obtida pela regressão linear apresentou o coeficiente de correlação igual a 0,91.

O teste CST não apresentou sensibilidade para indicar entre as várias dosagens de produtos químicos utilizados aquelas que proporcionariam uma melhor desidratação do lodo, isto é, os resultados dos testes praticamente permaneceram constantes.

A Tabela 2 apresenta os resultados experimentais obtidos durante a operação do filtro prensa. Observa-se que tortas com menores teores de umidade foram obtidas com maiores dosagens de cloreto férrico, ou seja, relações massa de cloreto férrico/massa de sólidos totais iguais a 8%. A umidade da torta aumenta para valores da relação iguais a 4%.

Inversamente, as maiores eficiências do filtro prensa, em termos de captura de sólidos, ocorrem para as menores dosagens.

Os valores de resistência específica à filtração do lodo quando se operou o filtro prensa também são mostrados na Tabela 2 e variam de 3×10^{10} a 40×10^{10} cm/g que correspondem aos valores apresentados no Metcalf (2).

A determinação das taxas de dosagens ótimas dos produtos químicos condicionantes podem, portanto, ser verificadas mediante a aplicação do teste de resistência específica à filtração do lodo, conseguindo-se reduzir a quantidade de cal e cloreto férrico utilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 — Lawler, D.F. *et alii* — "Anaerobic Digestion: Effects on Particle Size And Dewaterability", *Journal Water Poll Control Fed.*, 58 (12): 1107 - 1117, Dezembro, 1986.

2 — Metcalf e Eddy, Inc. — *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, 2 ed. New York, McGraw-Hill, 1979.

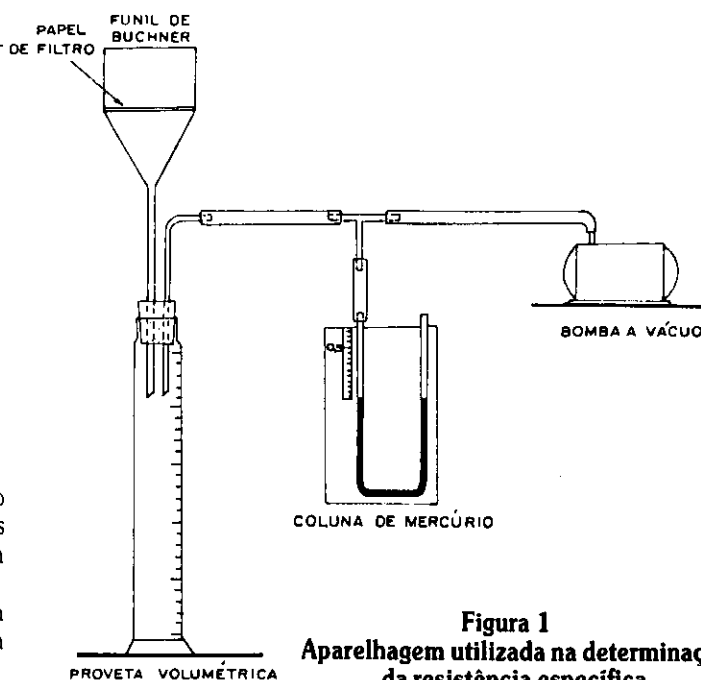


Figura 1
Aparelhagem utilizada na determinação da resistência específica à filtração do lodo.

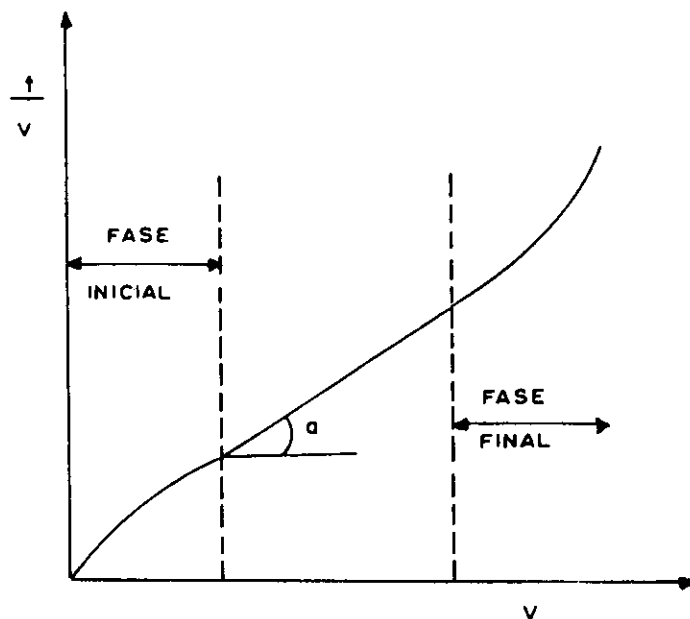


Figura 2
Volume do filtrado como função de tempo

Figura 3
Representação esquemática dos componentes do Filtro Prensa Piloto

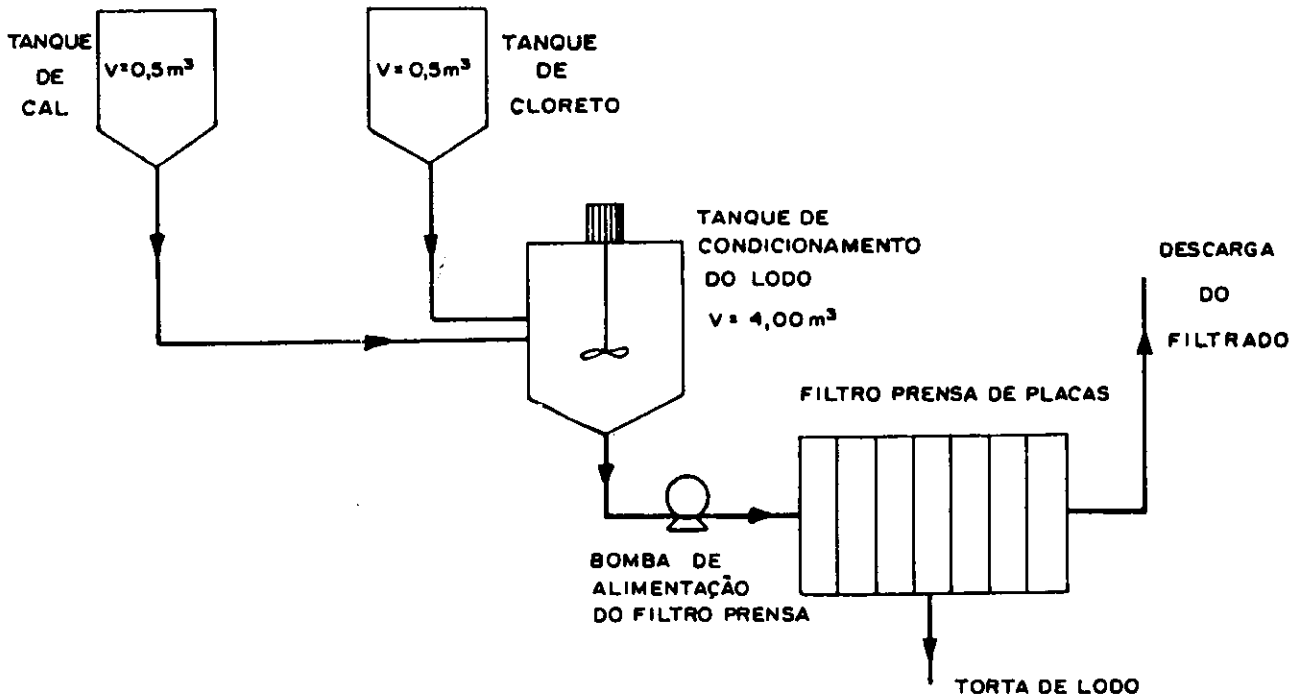


Figura 4
Resultados dos ensaios de laboratório

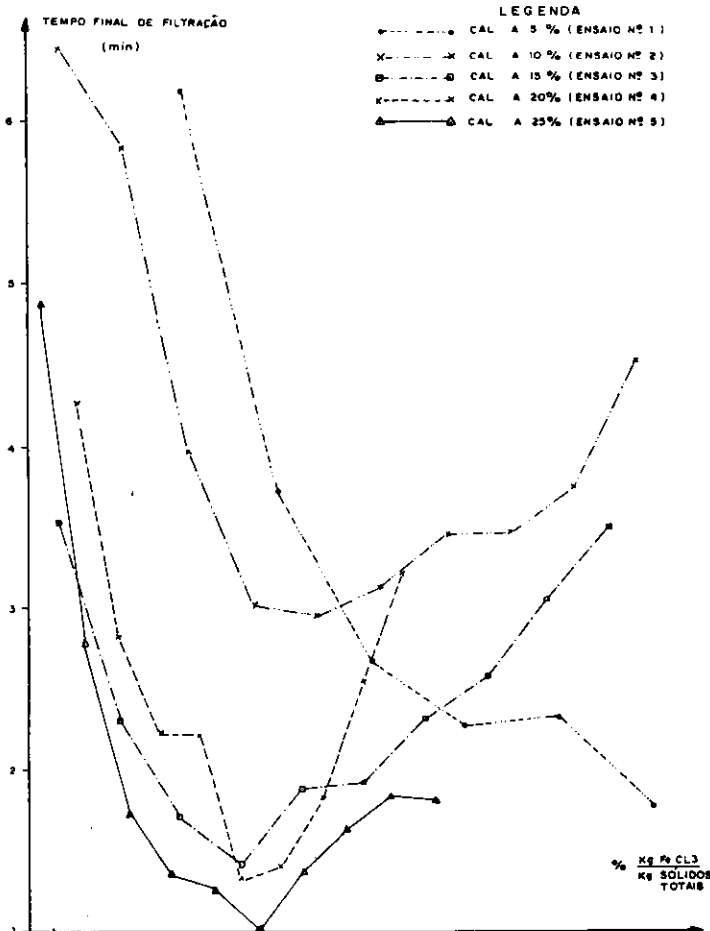


Figura 5
Resultados dos ensaios de laboratório

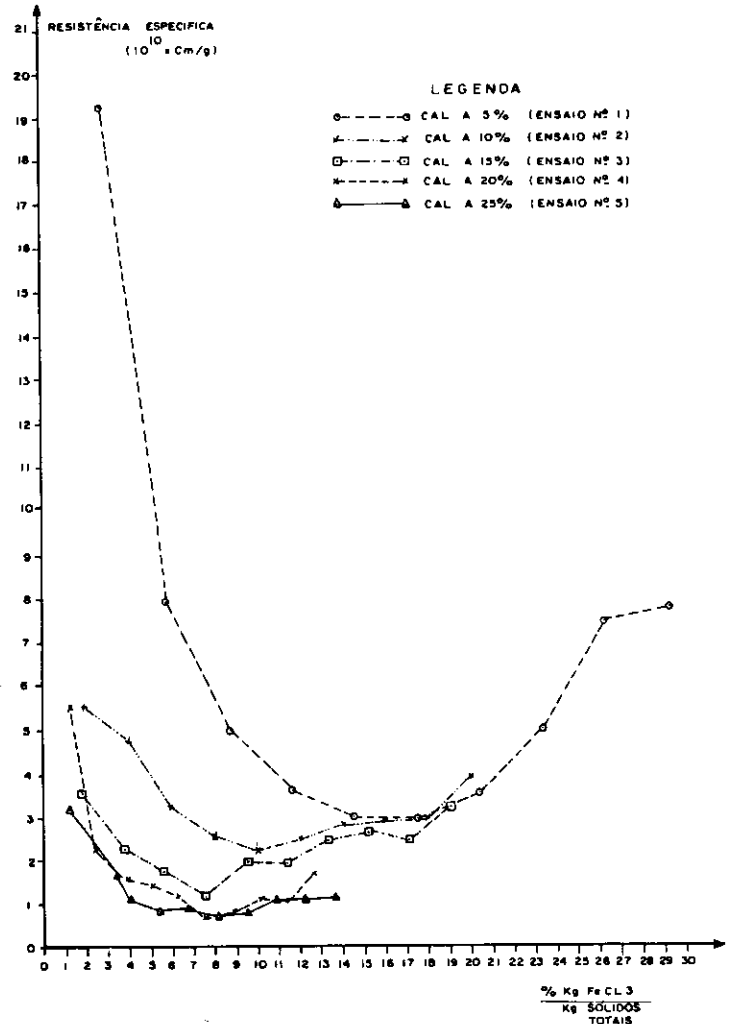


Figura 6
Correlação entre resistência específica e tempo final de filtração

LEGENDA

- CAL A 5 % (ENSAIO Nº 1)
- ⊗ CAL A 10 % (ENSAIO Nº 2)
- ⊠ CAL A 15 % (ENSAIO Nº 3)
- × CAL A 20 % (ENSAIO Nº 4)
- △ CAL A 25 % (ENSAIO Nº 5)

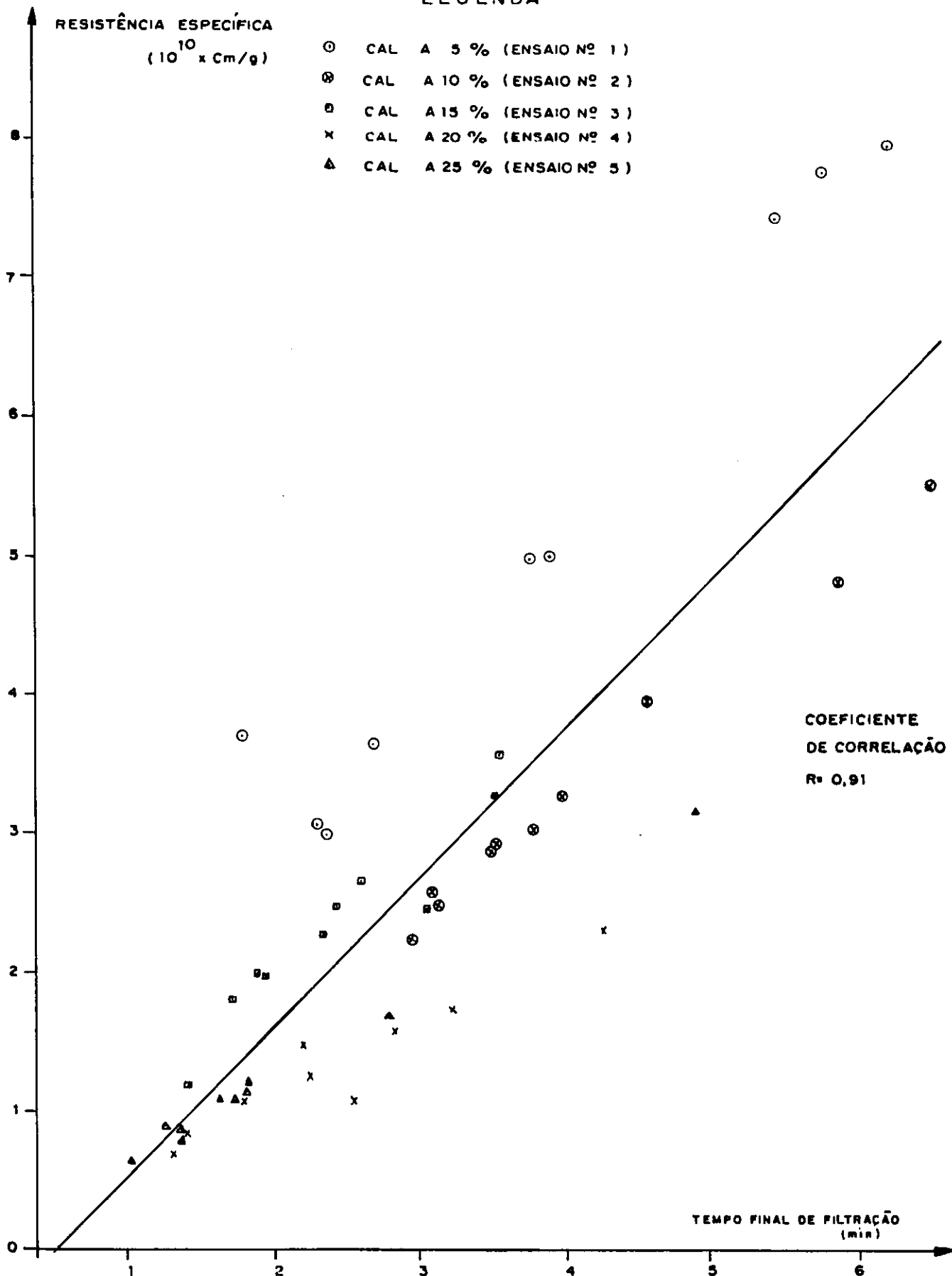


TABELA 1
Valores obtidos nos ensaios realizados

	ENSAIO N: 1										ENSAIO N: 2										ENSAIO N: 3				
PARÂMETROS	AMOSTRA										AMOSTRA										AMOSTRA				
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V
Volume da amostra de lodo (ml)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Concentração de sólidos totais na amostra (%)	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	2,71	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	3,96	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	
Massa de sólidos totais na amostra (g)	13,55	13,55	13,55	13,55	13,55	13,55	13,55	13,55	13,55	13,55	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	
Volume da solução (40%) de FeCl ₃ adicionado (ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5
Volume da solução (10%) de Cal adicionado (ml)	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	
Relação (%) massa FeCl ₃ /massa de sólidos totais na amostra	2,93	5,87	8,80	11,74	14,67	17,61	20,54	23,47	26,41	29,43	2,01	4,02	6,02	8,03	10,04	12,05	14,06	16,07	18,07	20,08	1,91	3,82	5,73	7,65	9,56
Relação (%) massa cal/massa de sólidos totais na amostra	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	15	15	15	15	15
Resistência específica (E 10* cm/g)	19,234	7,989	5,013	3,680	3,070	3,002	3,732	5,049	7,489	7,806	5,537	4,863	3,302	2,605	2,267	2,541	2,880	2,947	3,066	3,988	3,599	2,286	1,827	1,204	2,016
pH	8,96	8,74	7,28	6,55	5,69	5,12	3,81	3,00	2,48	2,30	11,85	11,29	10,45	9,47	8,90	8,91	8,42	7,60	6,75	6,35	12,05	12,07	12,03	11,62	11,25
Tempo final de filtração (min)	15,78	6,17	3,72	2,67	2,28	2,35	1,77	3,85	5,40	5,70	6,45	5,83	3,97	3,07	2,95	3,13	3,45	3,47	3,75	4,53	3,53	2,32	1,72	1,42	1,87
CST (seg)	6	3	5	3	5	6	2	3	6	2	5	6	7	4	5	4	5	3	4	4	4	6	6	6	6

TABELA 1
Valores obtidos nos ensaios realizados

PARÂMETROS						ENSAIO N: 4										ENSAIO N: 5									
						AMOSTRA										AMOSTRA									
	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Volume da amostra de lodo (ml)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Concentração de sólidos de totais na amostra (%)	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	6,24	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81	5,81
Massa de sólidos totais na amostra (g)	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1
Volume da solução (40%) de FeCl ₃ adicionado (ml)	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Volume de solução (10%) de Cal adicionado (ml)	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6	72,6
Relação (%) massa FeCl ₃ massa de sólidos totais na amostra	11,47	13,38	15,29	17,20	19,12	1,27	2,55	3,82	5,10	6,37	7,65	8,92	10,20	11,47	12,74	1,37	2,74	4,11	5,47	6,84	8,21	9,58	10,95	12,32	13,69
Relação (%) massa cal/ massa de sólidos totais na amostra	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Resistência específica (E 10 ⁴ cm/g)	2,001	2,486	2,695	2,513	3,325	5,536	2,316	1,596	1,471	1,253	0,696	0,845	1,112	1,095	1,758	3,200	1,714	1,124	0,879	0,918	0,689	0,804	1,111	1,230	1,172
pH	11,30	11,10	10,40	9,88	9,09	11,92	11,95	12,05	12,06	12,02	11,84	11,85	11,86	11,60	11,23	12,20	12,17	12,10	12,10	12,08	11,99	12,00	11,93	11,89	11,86
Tempo final de filtração (min)	1,92	2,42	2,58	3,05	3,50	10,17	4,25	2,83	2,22	2,25	1,33	1,40	1,80	2,55	3,22	4,87	2,78	1,73	1,37	1,27	1,03	1,38	1,63	1,83	1,82
CST (seg)	6	10	8	7	8	7	7	9	8	8	6	5	5	7	9	6	7	7	3	6	5	5	6	8	5

TABELA 2
Resultados obtidos na operação do filtro prensa
utilizando-se Cloreto Férrico e Cal

Relação (%) Massa FeCl ₃ / Sólidos Totais na amostra	Relação (%) Massa Ca/ Massa de Totais na amostra	pH Lodo Digerido	pH Lodo Condicio- nado (%)	TORTA		Eficiência (%)	Resistência Específica (cm/g)
				Sólidos Totais (%)	Umidade (%)		
8	15	8	9,5	34,5	65,5	89,0	5,07413*E10
8	20	6,8	10,5	28,4	71,6	88,9	6,38318*E10
8	25	7,2	11,6	34,0	66,0	90,1	15,4120*10
6	15	6,6	11,0	32,0	68,0	92,4	3,6495*E10
6	20	6,8	12,1	27,5	72,5	92,4	37,0539*E10
6	25	7,0	12,6	37,5	62,5	89,5	7,3115*E10
4	15	6,8	11,4	23,0	77,0	94,0	18,4020*E10
4	20	6,7	11,6	32,5	67,5	92,1	5,9787*E10
4	25	6,7	12,2	37,5	62,5	92,2	4,6389*E10