

APLICAÇÃO DE ESPESSADORES DE FLUXO VERTICAL NO MANUSEIO DE REJEITOS FINOS DAS USINAS DE BENEFICIAMENTO DE CARVÃO MINERAL DE SANTA CATARINA E SUA INTERAÇÃO COM PROCESSOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES, FILTRAGEM E DISPOSIÇÃO FINAL – ESTUDO DE CASO.

André Luiz Amorim SMANIOTTO

SATC – Sociedade Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina; email: andre.smaniotto@satc.edu.br

RESUMO

A clarificação dos efluentes das usinas de beneficiamento de carvão mineral é uma prática consagrada em todo o mundo é necessário e obrigatório o reaproveitamento da água utilizada no processo tanto por questões econômicas como por questões ambientais. O processo de sedimentação dos sólidos contidos nos efluentes, em um ambiente que permita a separação sólidos – líquido, levou as empresas de Santa Catarina ao uso de sedimentadores de fluxo vertical como alternativa às bacias de decantação, equipamentos com alto custo de construção e de operação. O primeiro sedimentador a entrar em operação industrial, tipo espessador de lamelas, foi instalado na Mina Barro Branco da Carbonífera Rio Deserto em 2007. Essa alternativa se mostrou problemática devido a deposição de sólidos nas lamelas, levando a empresa adotar outros modelos que não utilizam lamelas. Os resultados conseguidos foram similares àqueles alcançados anteriormente. A sequência do estudo conduziu à introdução de processos associados, tais como filtragem ou envio da polpa espessada para o subsolo das minas e também o tratamento do líquido clarificado (*overflow*) para descarte.

Palavras-chave: sedimentador, espessador, separação sólido-líquido, filtro prensa, *backfill*.

ABSTRACT

*The clarification of effluents from mineral coal processing plants is a well-established practice throughout the world. It is necessary and obligatory to reuse the water used in the process for both economic and environmental reasons. The sedimentation process of the solids contained in the effluents, in an environment that allows the solid - liquid separation, led the companies of Santa Catarina to the use of vertical flow settlers as an alternative to the settling basins, equipment with a high cost of construction and operation. The first settler to enter industrial operation, lamellae thickener type, it was installed in the Barro Branco Mine of the Carbonífera Rio Deserto in 2007. This alternative was problematic due to the deposition of solids in the slabs, leading the company to adopt other models that do not use lamellae. The results obtained were similar to those achieved previously. The sequence of the study led to the introduction of associated processes, such as filtering or shipping of the thickened pulp to the subsoil of the mines and the treatment of the clarified liquid (*overflow*) for disposal.*

Key-words: settler, thickener, solid-liquid separation, filter press, *backfill*.

1 INTRODUÇÃO

A mineração de carvão na região sul do Brasil, e em particular no estado de Santa Catarina, desde o seu início no século XIX até a década de 90 do século XX, teve como característica marcante, a despreocupação na forma de lidar com o controle da disposição dos rejeitos sólidos e dos efluentes das suas plantas de beneficiamento. Seja por falta de noção do tamanho do dano que era provocado, seja por garantia de que não havia necessidade de controle em face de uma fiscalização precária ou mesmo inexistente, as usinas simplesmente lançavam seus efluentes diretamente nos cursos d'água mais próximos das suas instalações e os rejeitos gradados eram depositados em qualquer lugar ou então aproveitados pelas Prefeituras e proprietários de terrenos para recobrimento de estradas ou aterramento.

Essa prática deixou como legado a contaminação do solo nas áreas onde os rejeitos foram lançados e, principalmente, a contaminação de grande parte dos recursos hídricos da região causada pela oxidação da pirita, abundante nas camadas de carvão local, que se estendeu para bem além da zona mineira. A poluição hídrica causada pelas drenagens ácidas é, provavelmente, o impacto mais significativo das operações de mineração, beneficiamento e rebeneficiamento, atingindo as três bacias hidrográficas da região: a Bacia do Rio Araranguá, do Rio Tubarão e do Rio Urussanga.

Somente durante a década de 90 do século passado, como resultado da Ação Civil Pública 93.8000.533-4 movida pelo Ministério Público Federal, quando as empresas carboníferas de Santa Catarina e seus administradores foram condenados a recuperar os danos ambientais causados, houve a mudança de comportamento. As empresas, órgãos de fiscalização estaduais e federais, o Poder Judiciário e a sociedade de um modo geral passaram a se fazer mais presentes nessa questão.

A primeira tentativa objetiva de remediação/tratamento das águas ácidas geradas extensivamente na região (DAM – Drenagem Ácida de Minas), em atendimento às novas regras impostas, se deram através do processo FAD – Flotação por Ar Dissolvido, desenvolvida em escala

piloto e depois em escala industrial pela Carbonífera Metropolitana.

Em outra vertente de estudo adotada pela Indústria Carbonífera Rio Deserto na Mina Barro Branco em Lauro Muller, SC, foi aplicado o sistema de oxidação da DAM por insuflação de ar e neutralização com leite de cal em uma série de tanques de condicionamento. O lodo gerado no processo era enviado e retido em bacias de decantação que necessitam ser desassoreadas rotineiramente.

Paralelamente ao sistema de tratamento de águas, a Rio Deserto investiu na aplicação de espessadores na clarificação do efluente dos lavadores, no caso o espessador de lamelas, no sentido de eliminar ou então reduzir o tamanho das bacias de decantação, solução seguida mais tarde pela Carbonífera Metropolitana.

Tanto no caso da Metropolitana como no da Rio Deserto, o espessador de lamelas apresentou problemas de colmatação das lamelas inviabilizando sua utilização. Os problemas enfrentados levaram as empresas a operarem seus espessadores sem as lamelas. O rendimento alcançado foi semelhante ao do modelo anterior, sem o inconveniente da necessidade de manutenção intensiva.

2 OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é apresentar a experiência da Carbonífera Metropolitana na utilização de espessadores de fluxo vertical para, em uma única operação, manusear os rejeitos finos em conjunto com filtros-prensa e promover o tratamento final de eventual excedente hídrico da usina de beneficiamento da Mina Esperança em Treviso, SC, atendendo às exigências da Resolução CONAMA 430/2011.

Salienta-se que esta pesquisa está limitada à região carbonífera de Santa Catarina, com base no rejeito de carvão produzido durante o beneficiamento de carvão ROM das camadas Barro Branco e Bonito. Assim, os resultados do estudo têm validade para esses carvões de acordo com o contexto tecnológico atual, sendo necessárias avaliações de aplicabilidade para outros locais.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os espessadores em operação na Carbonífera Metropolitana utilizam o modelo original, porém sem os pacotes de lamelas.

O sistema é constituído por três unidades iguais (Figura 01), cada uma com capacidade para processar aproximadamente 250 m³/hora de efluente proveniente do lavador de carvão da Mina Fontanela.

Figura 01 - Conjunto de espessadores da Mina Esperança, Treviso, SC.



À época, duas unidades operavam como espessadores e uma unidade como tanque de armazenamento e alimentação dos filtros-prensa. São 499 m³/hora de efluente do lavador comportando 26 t/hora de sólidos.

Como particularidade da empresa, o objetivo do sistema de decantação não está voltado apenas para a concentração dos sólidos presentes no *underflow*, mas também para o condicionamento do *overflow* para descarte final em corpo receptor (no caso o Rio Mãe Luzia), quando necessário.

O efluente do lavador da Carbonífera Metropolitana consiste em uma polpa formada por água e rejeitos finos do beneficiamento do carvão mineral com granulometria abaixo de 1,0 mm, que são basicamente siltitos, argilitos, diabásio, calcita, pirita e ainda uma parcela de carvão mineral associada.

A interligação da descarga da usina com conjunto de decantadores é realizada por uma tubulação lançada em superfície com diâmetro útil de

10 polegadas. Um conjunto formado por três calhas Parshall reparte o caudal de forma que cada decantador em operação receba a mesma quantidade de alimentação (Figura 02). As calhas Parshall informam com boa precisão o volume da alimentação e é o local onde é feita a correção do pH para acima de 9,0, via injeção de leite de cal.

Figura 02 – Calhas Parshall para medição da vazão de alimentação dos espessadores..



A seguir o efluente é bombeado para condicionadores de polpa, instalados na entrada de cada decantador (Figura 03), onde é feita a injeção de polímeros que têm por finalidade a floculação das partículas sólidas suspensas favorecendo a ação da gravidade e em consequência levando a uma maior velocidade de sedimentação.

Figura 03 - Tanque de condicionamento da polpa com floculantes.



Após a etapa de floculação a polpa segue por gravidade para o interior dos espessadores onde se dá a sedimentação dos sólidos que se acumulam no fundo. Bombas centrífugas transferem a polpa adensada (*underflow*) para o interior do terceiro decantador, que regula a alimentação do sistema de filtros prensa, composto por uma unidade de fabricação chinesa Jingjin com 74 placas de 2,0 x 2,0

metros e mais duas unidades da marca Andritz com placas 1,0 x 1,0 m com 60 placas (Figura 04).

Os rejeitos finos prensados são finalmente transportados por caminhões basculantes para o depósito ou pilhas de rejeito, onde são dispostos em conjunto com os rejeitos grossos.

Figura 04- Filtros prensa equipado com placas de 2 x 2 m e 1 x 1 m.



O clarificado dos filtros prensa se junta ao *overflow* dos decantadores.

O *overflow* dos decantadores transborda para dentro de calhas de coleta dispostas ao longo da superfície superior do equipamento e, depois de ter sua vazão medida por um segundo sistema de calhas tipo Parshall, é encaminhado para uma bacia de polimento onde, em caso de necessidade de descarte, as eventuais adequações são tomadas.

Na maior parte do tempo o clarificado retorna para alimentação do lavador, configurando o chamado circuito fechado. O descarte para fora do pátio da empresa normalmente se dá em épocas chuvosas.

Figura 05 - Superfície dos decantadores mostrando os vertedouros de esgotamento e as calhas Parshall de medição da vazão do *overflow* clarificado.



As soluções de leite de cal e de floculante são processadas em uma instalação própria junto ao conjunto de decantadores (Figura 06) de onde são enviadas aos pontos de injeção via bombas dosadoras equipadas com inversores de frequência.

Figura 06 – Sistema de preparação do leite de cal e solução floculante.



4 AQUISIÇÃO DE DADOS

Independente da classificação teórica, espessador ou clarificador, o objetivo procurado pelas empresas ao utilizarem esse tipo de equipamento é o melhor balanço entre um *overflow* clarificado e um *underflow* espesso.

Durante um período de dezoito dias úteis consecutivos foram tomadas amostras da alimentação, *overflow* e *underflow* dos espessadores da Carbonífera Metropolitana e realizadas medidas e análises dos seguintes parâmetros:

- Alimentação: vazão em m³/h, concentração de sólidos em g/L, pH, concentração de Fe, Al e Mn solúveis e acidez em mg/L, análise granulométrica.
- Overflow*: turbidez em NTU, vazão em m³/h; concentração de sólidos em g/L, pH após correção com leite de cal e concentração de Fe, Al e Mn solúveis em mg/L.
- Underflow*: vazão em m³/h, concentração de sólidos em g/L.
- Consumo de calcário usado na elevação do pH do efluente da planta visando a remoção do Mn.
- Consumo de floculantes para acelerar a operação de separação sólido-líquido dentro dos espessadores.

5 RESULTADOS

A Tabela 01 mostra as vazões medidas que resultaram em média 499 m³/h para a alimentação, 174 m³/h para o *underflow* e 325 m³/h para o *overflow* dos espessadores, com concentração de sólidos média de 54,93 g/L, 150,35 g/L e 4,01 g/L

respectivamente. Os valores foram considerados constantes por causa da turbulência do caudal no local de medição da vazão. Como o espectro da variação mantinha a mesma amplitude, optou-se pela adoção de valores constantes.

Tabela 01 – Vazão e concentração de sólidos – sólidos totais – da alimentação, *overflow* e *underflow* dos espessadores.

data	Alimentação		Underflow		Overflow	
	vazão	Conc.Sol.	vazão	Conc.Sol.	vazão	Conc.Sol.
	m ³ /hora	g/litro	m ³ /hora	g/litro	m ³ /hora	g/litro
02/ago	499	60	174	126	325	4
03/ago	499	36	174	305	325	4
04/ago	499	44	174	108	325	5
05/ago	499	24	174	40	325	4
08/ago	499	52	174	123	325	4
09/ago	499	46	174	85	325	4
10/ago	499	50	174	100	325	4
11/ago	499	63	174	101	325	4
15/ago	499	54	174	68	325	4
16/ago	499	60	174	64	325	4
17/ago	499	60	174	98	325	4
18/ago	499	63	174	172	325	4
19/ago	499	27	174	34	325	4
22/ago	499	45	174	24	325	4
23/ago	499	64	174	50	325	4
24/ago	499	62	174	25	325	4
25/ago	499	74	174	40	325	4
26/ago	499	65	174	75	325	4
MÉDIA		52,72		91,00		4,06
D.PADRÃO		13,22		64,83		0,23
MÁXIMO		74,00		305,00		5,00
MÍNIMO		24,00		24,00		4,00

O valor do pH do efluente do lavador (alimentação) variou de um mínimo de 6,0 até 7,5. A variação registrada para a acidez ficou entre 42,4 e 179,00 mg/L CaCO₃, valores relativamente baixos. Nas amostras do *overflow* coletadas e analisadas, o pH, após a correção com leite de cal e introdução da solução floculante, variou de 9,1 a 12,1.

O nível de concentração de Ferro apresentou no *overflow* valores entre 0,01 e 0,25 mg/l, contra 0,04 a 38,53 mg/l valores registrados na alimentação. O manganês dissolvido apresentou valores que variaram entre 1,35 e 13,08 mg/l na alimentação e, depois da elevação do pH e floculação, valores entre N.D e 0,96 mg/l no *overflow*.

O alumínio dissolvido por sua vez variou de 0,06 a 0,65 mg/l na alimentação e 0,2 a 0,66 mg/l no *overflow* após a elevação do pH e floculação.

A turbidez do *overflow* variou de 4,1 até 17,9 NTU. Amostras levadas ao teste de determinação de sólidos sedimentáveis apresentaram valores iguais a zero (Tabela 02).

Os floculantes usados foram do tipo aniônico, dos fornecedores ZNC Ind. e Com.de Produtos Químicos (PA 3040) e GE –Water and Process Technology do Brasil (AP 1120 P) e apresentaram consumo específico de 8,17 a 4,61 g/m³ de alimentação, respectivamente.

O consumo específico de calcário foi de 421,13 g/m³ de alimentação.

Os custos médios por metro cúbico de efluente do lavador tratado ficaram em R\$ 0,16 para o calcário e entre R\$ 0,08 e R\$ 0,11 para os floculantes. Apesar

do preço do floculante da GE ser maior do que o preço da ZNC, o custo por metro cúbico é menor devido a um melhor rendimento (Tabela 03).

Tabela 02 – Características da alimentação e overflow dos espessadores antes e depois da elevação do pH.

data	Alimentação					Overflow					
	pH	Acidez	Al	Fe	Mn	pH	Turbidez NTU	Sól. Sed. mg/L	Al mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L
		mg/L	mg/L	mg/L	mg/L						
02/ago	7,5	19,0	0,11	0,11	2,78	11,4	14,7	N.D	0,3	0,07	0
03/ago	7,5	42,4	0,14	0,11	3,06	12,1	11,2	N.D	0,67	0,06	0
04/ago	6,1	153,0	0,20	30,58	9,51	12,1	6,9	N.D	0,66	0,23	0,04
05/ago	6,1	179,0	0,20	38,53	10,03	10,3	4,9	N.D	0,11	0,12	0,02
08/ago	6,4	114,0	0,10	0,05	11,89	11,6	4,8	N.D	0,34	0,03	0,01
09/ago	6,4	117,0	0,07	16,67	12,53	10,1	4,1	N.D	0,14	0,09	0,05
10/ago	6,6	91,0	0,12	2,42	10,56	9,8	9,9	N.D	0,18	0,01	0,29
11/ago	6,2	116,0	0,23	17,56	13,08	9,2	10,3	N.D	0,26	0,04	1,12
15/ago	6,4	116,6	0,12	11,15	11,94	9,6	7,2	N.D	0,32	0,08	0,68
16/ago	6,0	196,1	0,13	23,74	12,80	8,9	10,2	N.D	0,37	0,05	0,96
17/ago	6,9	44,0	0,65	0,51	4,51	9,6	13,3	N.D	0,56	0,07	0,31
18/ago	6,3	146,0	0,10	22,83	12,12	9,8	6,3	N.D	0,27	0,15	0,36
19/ago	6,8	42,0	0,08	3,38	4,52	10,2	9,3	N.D	0,22	0,06	0,13
22/ago	6,0	161,0	0,24	27,40	11,35	9,8	7	N.D	0,44	0,1	0,38
23/ago	7,0	42,4	0,10	0,08	8,80	9,4	11,3	N.D	0,75	0,08	0,3
24/ago	6,6	90,1	0,18	1,73	11,66	9,2	8,6	N.D	0,64	0,25	0,62
25/ago	6,5	115,0	0,06	0,04	12,12	9,1	11,7	N.D	0,37	0,02	0,8
26/ago	7,7	37,0	0,10	0,04	1,35	9,5	17,9	N.D	0,2	0,06	0,08
		MÉDIA	0,16	10,94	9,15			MÉDIA	0,38	0,09	0,34
		D.PADRÃO	0,13	12,54	3,86			D.PADRÃO	0,19	0,06	0,34
		MÁXIMO	0,65	38,53	13,08			MÁXIMO	0,75	0,25	1,12
		MÍNIMO	0,06	0,04	1,35			MÍNIMO	0,11	0,01	0,00

Tabela 03 – Consumo e custos do calcário e floculantes.

data	Leite de cal				Polímero				
	vazão	Concentração	Consumo	Consumo	vazão	Concentração	Consumo	Fornecedor	consumo
	m³/hora	g/litro	kg/hora	g/m³	m³/hora	g/litro	kg/h	Tipo	g/m³
02/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
03/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
04/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
05/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
08/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
09/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	0,77	1,89	GE	3,79
10/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	0,83	2,06	GE	4,12
11/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	0,83	2,06	GE	4,12
15/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
16/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,67	4,12	ZNC	8,26
17/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,60	3,96	ZNC	7,93
18/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,60	3,96	ZNC	7,93
19/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,60	3,96	ZNC	7,93
22/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,47	1,60	3,96	ZNC	7,93
23/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,55	1,67	4,25	ZNC	8,52
24/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,60	1,00	2,60	GE	5,21
25/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,60	1,00	2,60	GE	5,21
26/ago	1,67	0,126	210,14	421,13	2,60	1,00	2,60	GE	5,21
		Consumo médio calcário:	421,13	g/m³		Consumo médio GE (AP1120P):	4,61	g/m³	
		Preço médio calcário:	0,37	R\$/kg		Consumo médio ZNC (PA3040):	8,17	g/m³	
		Custo médio calcário:	0,16	R\$/m³		Preço médio GE:	18,17	R\$/kg	
						Preço médio ZNC:	13,9	R\$/kg	
						Custo médio GE:	0,08	R\$/m³	
						Custo médio ZNC:	0,11	R\$/m³	

As análises granulométricas (Tabela 04) foram semanais, a partir da acumulação de amostras

diárias, e evidenciaram a necessidade da utilização de floculantes devido à forte presença de partículas passantes na malha 200 mesh.

Tabela 04 – Análises granulométricas semanais.

	1ª semana	2ª semana	3ª semana	4ª semana	MÉDIA
Granulometria (Mesh)	P (%)				P (%)
60	25,84	18,81	12,61	18,05	18,83
60 x 200	28,65	30,27	34,24	35,12	32,07
< 200	45,51	50,92	53,15	46,83	49,10
	100	100	100	100	100,00

6 DISCUSSÃO

O balanço das vazões dos espessadores garantem que a qualidade do *overflow* se mantenha constante. Mesmo assim um novo estudo poderia ser realizado para a verificação da possibilidade de ser obtido um *underflow* mais concentrado, logo uma vazão menor, favorecendo a operação dos filtros-prensa.

Chama a atenção os valores registrados para o pH da alimentação. A expectativa, baseada nos dados históricos da região, era que esse valor ficasse bem abaixo daqueles encontrados, o que levaria a uma acidez mais elevada. A causa provável dessa “anomalia” é a constante recirculação do *overflow* dos espessadores na planta de beneficiamento, associada a capacidade neutralizante dos minerais presentes nas camadas de carvão catarinense.

O comportamento do Ferro e do Manganês ficou dentro do esperado. A concentração de Ferro dissolvido e Manganês dissolvido alcançaram os valores de concentração permitidos pela legislação ambiental após a elevação do pH para acima de 9,0.

A anomalia ficou por conta das análises do Alumínio dissolvido, parâmetro não controlado, mas importante pela sua presença constante nas águas

da região carbonífera. Os valores medidos no *overflow* (0,11 mg/litro a 0,75 mg/litro) resultaram sistematicamente mais altos do que aqueles medidos na alimentação (0,06 a 0,65 mg/litro). A explicação mais razoável está em uma possível contaminação do *overflow* pelos floculantes utilizados, que contêm Alumínio em sua composição.

No caso do *underflow*, os espessadores produzem um efluente suficientemente concentrado para ser processado em filtro prensa, viabilizando o transporte rodoviário até as pilhas de rejeitos de forma ambientalmente segura. A operação de filtragem representa uma redução de custo de transporte da ordem de 20% quando comparado com anos anteriores, onde havia transporte indevido de água. Comparando com 2014, a economia em 2016 foi da ordem de R\$ 165.000,00 com a perspectiva de aumento desse valor.

Importante ressaltar que o espessado do filtro não é composto apenas pelos rejeitos finos da planta de beneficiamento, mas também pelo lodo produzido pela precipitação dos metais dissolvidos contidos no efluente, dispensando uma operação adicional em ETE em separado.

7 CONCLUSÕES

Os resultados levantados durante a campanha de amostragem realizada nos espessadores da Mina Esperança da Carbonífera Metropolitana demonstram que a adoção de espessadores associados a filtragem, no caso filtros-prensa, além da redução dos custos de manuseio dos rejeitos

finos, permite uma operação de condicionamento e descarte de eventuais excedentes hídricos, de forma sensivelmente mais simples do que as operações tradicionais.

Quando a opção da empresa for a deposição conjunta dos rejeitos grossos e finos nas pilhas de aterro, diversas vantagens são encontradas:

- a) O transporte rodoviário corre menos risco de apresentar liquefação da carga e consequentes problemas ambientais.
- b) Maior facilidade de espalhamento e compactação.
- c) O preenchimento dos espaços vazios dos rejeitos grossos pelos rejeitos finos implica em menor volume de pilha e na diminuição da permeabilidade do depósito.
- d) Envio para o subsolo, processo conhecido como *backfill*. O transporte pode ser feito de diversas maneiras, entre elas, correias transportadoras, veículos de transporte de carga, por gravidade, etc.

A concentração dos rejeitos finos em um volume menor de água dá outra opção de destino para a empresa, que é retornar o *underflow* diretamente para o interior da mina, via bombeamento. Os sólidos se depositam galerias de painéis minerados e a água retorna à superfície para o processo industrial.

O *overflow* produzido nos espessadores, após correção do pH nas bacias de polimento quando necessário, atende às normas ambientais para descarte no corpo receptor próximo, no caso o Rio Mãe Luzia.

A vantagem principal conseguida é a não necessidade de construção de instalação específica para tratamento de efluentes, ETE. Além da dispensa

dos investimentos em obras civis e equipamentos, o lodo precipitado é incorporado aos rejeitos finos de carvão, concentrados no *underflow*. O lodo contendo os metais removidos da água, classificado como Resíduo Classe II-B – Inerte, pode ser disposto em conjunto com os rejeitos do carvão, Resíduo Classe II-A – Não Inerte, nas pilhas ou no subsolo (NBR 1004:2004).

A escolha dos produtos utilizados para a correção do pH e preparação da solução floculante não pode se basear apenas no preço unitário. O desembolso da empresa depende do rendimento de cada fornecedor no dia-a-dia da planta e que pode representar valores de economia significativos.

8 SUGESTÕES DE TRABALHOS

Diversos aspectos relacionados com o sistema de espessadores da Carbonífera Metropolitana podem ser temas de novos trabalhos, entre os quais se destacam:

- a) Verificação da capacidade real individual do modelo de espessador utilizado.
- b) Verificação da possibilidade de aumentar a concentração de sólidos do *underflow* dos espessadores.
- c) Reavaliar o sistema de filtros-prensa.
- d) Automatização das operações de preparo, injeção e controle do leite de cal e solução floculante.
- e) Aplicação do processo *backfill* para deposição dos rejeitos.

9 REFERÊNCIAS

MPF – Ministério Público Federal – Ação Civil Pública - ACP 93.8000.533-4 (processo de execução nº 2000.72.04.002543-9).

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente – Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011. Condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357 de 17/03/2005.

ABNT NBR 10004:2004 – Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Brasileira – Resíduos Sólidos - Classificação.

CIRDE – Centro Industrial Rio Deserto – Relatório de Classificação de Resíduos da Mineração – Caracterização dos Rejeitos do Lavador Mina 2 - Cooperminas - 2005.

ICRDL – Indústria Carbonífera Rio Deserto Ltda. Relatório de Classificação de Resíduos nº 004/15 – Lodo da Bacia BC / CM 04 – Mina Cruz de Malta, 2015.