

3

Cia Mercantil e Industrial Ingá

3.1.

Localização da Área

A extinta Cia. Mercantil e Industrial Ingá está localizada na Ilha da Madeira, no Município de Itaguaí, no Estado do Rio de Janeiro. Sua localização é economicamente estratégica devido à proximidade ao Porto de Sepetiba, que é considerado um porto densamente produtivo, onde em um raio de pouco mais de 500 km estão situados os agentes produtivos responsáveis pela formação de cerca de 70% do PIB brasileiro (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAGUAÍ, 2011).

Para o litoral sul fluminense, a importância econômica do Porto de Sepetiba se dá de forma direta, pela geração de novos empregos, e de forma indireta, como atrativo para indústrias que visam o rápido escoamento de suas cargas.

Essa proximidade entre a Cia. Mercantil e Industrial Ingá e o Porto faz com que sua área seja valorizada, revelando a importância da remediação ambiental do local, para que novas indústrias possam utilizá-lo.

A Figura 3.1 mostra a localização da área em estudo, e a sua proximidade com o Porto de Sepetiba e a Baía de Sepetiba.



Figura 3.1 – Foto aérea da localização da Cia. Mercantil e Industrial Ingá. FONTE: GOOGLE EARTH (2011).

3.2. Histórico da Contaminação da Área

A empresa iniciou suas atividades em 1962, processando minério para a produção de zinco de alta pureza, que só era obtido através do tratamento dos minérios *calamínicos* e *willemiticos*. Esses dois minérios, por conterem impurezas de outros metais, geram durante o processo de purificação grandes quantidades de resíduos ricos em metais pesados, principalmente o cádmio e o zinco. Ao longo do tempo, todo o resíduo resultante da produção de zinco foi sendo estocado no pátio da empresa, formando pilhas de material tóxico (pilha de rejeitos) a céu aberto, como pode ser visto na Figura 3.2 (PINTO, 2005).



Figura 3.2 – Foto aérea da pilha de rejeito depositada a céu aberto. FONTE: ARARUNA (2004).

Ainda segundo Pinto (2005), as primeiras denúncias contra a empresa foram feitas, em 1965, pela população local. Havia relatos sobre uma “queimação” em relação ao ar inalado pelos moradores da região, e sobre a mortandade de espécies nativas da região, por conta de um líquido quente despejado pela fábrica numa vala que desembocava num manguezal, próximo à planta industrial.

Somente em 1984, cerca de quase 20 anos após as primeiras denúncias de vazamentos, a empresa decidiu construir um dique argiloso de contenção no perímetro da área de disposição de resíduos. Junto com essa medida, segundo Bredariol (2002), também foram instalados os tanques de acumulação de água, a estação de tratamento de resíduos e águas residuárias e outros sistemas de controles, minimizando o despejo de resíduos tóxicos na Baía de Sepetiba.

No ano de 1987, a Cia. Mercantil e Industrial Ingá e a FEEMA assinaram um Termo de Compromisso a fim de adequar a disposição dos resíduos sólidos e o tratamento dos resíduos líquidos. Em 1990, foi firmado um aditivo ao Termo de Compromisso, exigindo da empresa a construção de um novo aterro, fora da área industrial, além da remoção dos resíduos acumulados ao longo do tempo. No entanto, nenhuma dessas exigências foi cumprida (BREDARIOL, 2002)

Em 1996, a fábrica era uma das três maiores produtoras de zinco do país, representando cerca de 30% de todo o mercado brasileiro. Em fevereiro desse mesmo ano, devido às fortes chuvas, o dique de contenção se rompeu, despejando o efluente

líquido contaminado com metais pesados na Baía de Sepetiba (PINTO, 2005). Segundo análises do laboratório de Biofísica da UFRJ, os índices dos dois metais (zinco e cádmio) em mariscos eram até sessenta vezes mais altos do que os admitidos pelo Ministério da Saúde (O GLOBO, 1996 *apud* PINTO, 2005).

Dois anos após o rompimento do dique, em 1998, foi decretada a falência da Cia. Mercantil e Industrial Ingá, deixando um passivo ambiental avaliado em R\$ 20 milhões. Estimou-se que cerca de 10 milhões de toneladas de cádmio e zinco haviam sido despejadas na Baía de Sepetiba nos últimos 20 anos (BOECHAT, 1998 *apud* PINTO, 2005). Após a falência, a indústria foi abandonada e os sistemas de controle desativados.

Nos anos subseqüentes, com as fortes chuvas de verão, o dique apresentou novo risco de rompimento devido ao acúmulo de águas pluviais na bacia de rejeitos.

Em 2003, o problema se agravou, pois além do risco de rompimento, o dique estava com sua capacidade de armazenamento quase no limite, faltando apenas 30 cm para transbordar.

Em 2004, a Massa Falida contratou a PUC-Rio para caracterizar ambientalmente a área, e dar uma solução emergencial para o dique de contenção, a fim de evitar mais uma catástrofe ambiental. Devido a embates jurídicos, apenas em dezembro de 2004 os técnicos da PUC-Rio conseguiram liberação para entrar na área.

3.3.

A Bacia de Rejeito

Para tentar minimizar os despejos tóxicos lançados na Baía de Sepetiba, os efluentes líquidos começaram a ser acumulados no interior bacia de rejeitos, que havia sido formada a partir da construção do dique de contenção ao redor da área de disposição de resíduos (pilha de rejeitos), em 1984. No entanto, esta bacia também passou a acumular as águas pluviais, e o material lixiviado e solubilizado da pilha de rejeito pela chuva, como mostra a Figura 3.3.



Figura 3.3 – Foto aérea da pilha e da bacia de rejeitos da Cia. Mercantil e Industrial Ingá.
FONTE: *GOOGLE EARTH* (2011).

É importante ressaltar que a bacia em questão não foi projetada para armazenar nenhum tipo de rejeito líquido de modo permanente e não possui nenhum tipo de impermeabilização interna ou sistema de captação e escoamento de percolados. Além disso, o dique perimetral apresenta histórico de ruptura desde a sua construção, sobretudo pela baixa resistência e capacidade de suporte do solo de fundação (PUC-Rio, 2007).

O aumento do volume de líquido armazenado na bacia pela contribuição das chuvas, além de poder causar vazamento por *overtopping*, ampliou, substancialmente, o risco de acidente geotécnico, devido ao aumento da carga hidráulica e da vazão de percolação do rejeito líquido, através do dique e de sua fundação. Por esses motivos, a bacia de rejeitos se tornou a fonte de poluição mais preocupante da área (COPPE, 2008).

Em 2007, durante o período em que a equipe da PUC-Rio esteve trabalhando na área, amostras do efluente contido na bacia de rejeitos foram coletadas em dois pontos distintos e em profundidades diferentes. Estas amostras foram levadas para análise (físico-química) no Laboratório de Química da PUC-Rio.

A Tabela 3.1 mostra as concentrações de Zinco e Cádmio encontradas nas amostras, e sua comparação com a Resolução do CONAMA 357/2005, para padrões

de lançamento de efluentes. A Figura 3.4 mostra a localização desses pontos de coleta, determinados em coordenadas UTM com auxílio de GPS.

Tabela 3.1 – Resultados das análises do efluente da bacia de rejeitos da Cia. Mercantil e Industrial Ingá, comparados com os valores orientadores para lançamento de efluentes, sugeridos pela Resolução CONAMA 357/2005. FONTE: PUC-Rio (2007).

DATA COLETA: 16/10/2007 - ANÁLISE POR ABSORÇÃO ATÔMICA							
Ponto de Coleta	Profundidade Coleta	Coordenadas UTM		Cd (mg/L)		Zn (mg/L)	
				Obtido	CONAMA 357/2005	Obtido	CONAMA 357/2005
WC-05.1	0,5 m	620494,917	7465300,145	2,9	0,2	816,0	5,0
WC-05.2	1,0 m	620494,917	7465300,145	2,9	0,2	821,0	5,0
WC-06.1	0,5 m	620507,432	7465654,307	2,9	0,2	828,0	5,0
WC-06.2	1,0 m	620507,432	7465654,307	2,9	0,2	797,0	5,0
WC-06.3	1,5 m	620507,432	7465654,307	2,9	0,2	861,0	5,0



Figura 3.4 – Localização dos pontos der coleta das amostras do efluente presente na Bacia de Rejeitos.

Pelos valores mostrados na Tabela 3.1, é possível observar que a concentração média de cádmio encontrada nas amostras é 14,5 vezes superior à permitida. E a concentração média de zinco é de aproximadamente 165 vezes superior à permitida, evidenciando o risco de contaminação, em caso de ruptura ou transbordamento do dique.

3.4. Balanço Hídrico

3.4.1. Climatologia

Após o rompimento do dique em 1996, a bacia de rejeitos passou a ser uma fonte de constante preocupação ambiental, principalmente, durante as temporadas de chuvas da região. Para eliminar possíveis riscos de transbordamento e/ou rompimento do dique é necessário entender a climatologia da região, considerando as precipitações e as evaporações médias mensais.

As principais chuvas da região ocorrem no verão, e em sua maioria de origem frontal, oriundas da direção sul-sudoeste. Visto a direção das frentes frias S-SW e a posição da Ilha da Madeira, a estação meteorológica que mais se aproxima do comportamento da área de estudo é a Estação Meteorológica de Santa Cruz, mesmo existindo outras duas estações meteorológicas mais próximas da área estudada, como a Estação Meteorológica de Itaguai e a Estação Meteorológica de Coroa Grande (Figura 3.5) (PUC-Rio, 2007).



Figura 3.5 – Foto aérea da Cia. Mercantil e Industrial Ingá, em relação às três estações meteorológicas em questão.

O clima classificado como tropical úmido possui como sua principal característica uma estação seca no inverno e outra chuvosa no verão. Para avaliar a eficiência do

tratamento dos rejeitos líquidos contidos nesta bacia foi necessário realizar o balanço hídrico da região, para estimar o volume de água pluvial retido na bacia durante o período do tratamento. Para este cálculo foram utilizadas as séries históricas de precipitação e evaporação coletadas em 19 anos de observação na Estação Meteorológica de Santa Cruz (1986 – 2005), como mostra a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Precipitação média mensal e evaporação média mensal registradas pela Estação Meteorológica de Santa Cruz, durante os anos de 1986 e 2005. FONTE: PUC-Rio (2005).

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE SANTA CRUZ		
Meses	Precipitação Média (mm)	Evaporação Média (mm)
Janeiro	158,5	80,3
Fevereiro	131,9	75,3
Março	127,5	70,0
Abril	113,6	64,9
Maio	72,0	57,5
Junho	38,3	58,3
Julho	42,6	60,5
Agosto	55,0	62,4
Setembro	58,9	61,5
Outubro	93,7	58,5
Novembro	106,9	57,7
Dezembro	195,1	69,7
TOTAL ANUAL	1194,0	776,6

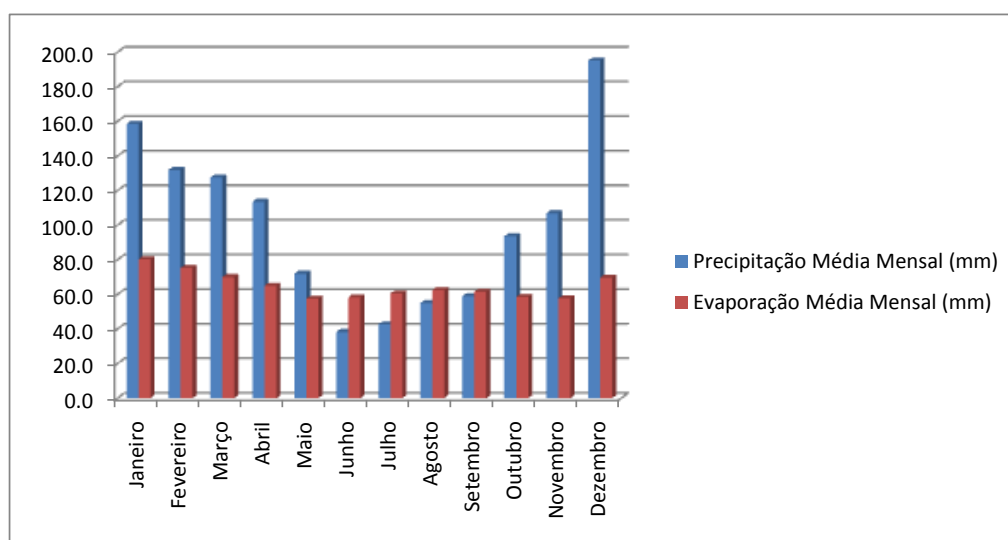


Figura 3.6 – Gráfico comparativo entre as precipitações médias mensais e as evaporações médias mensais registradas pela Estação Meteorológica de Santa Cruz, durante os anos de 1985 e 2005.

Pelos dados da Tabela 3.2 e da Figura 3.6 é possível observar que a estação chuvosa acontece durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, quando ocorrem as maiores precipitações pluviométricas. Já a estação de seca acontece durante os meses de junho, julho e agosto, quando essas precipitações se reduzem, significativamente. Nota-se ainda, que os valores de evaporação média, durante os meses de junho, julho, agosto e setembro são maiores que os valores de precipitação média, o que mostra que esses meses são deficitários do ponto de vista hídrico.

3.4.2.

Cálculo do Balanço Hídrico na Bacia de Rejeitos

O cálculo do balanço hídrico na bacia de rejeitos se fez necessário para estimar o volume total de efluente (efluente + chuva) a ser tratado por dia durante o processo de remediação. Durante esta etapa, os dados de evaporação média na região foram desconsiderados, para aumentar o coeficiente de segurança do tratamento, e garantir que o objetivo fosse alcançado dentro do prazo estimado.

Considerando apenas as precipitações médias mensais da região, o efluente gerado a partir da contribuição das águas pluviais dentro da bacia de rejeito era de aproximadamente 370.000 m³ por ano. Para tratar este volume era necessário que o sistema conseguisse uma eficiência de 1.010 m³/dia. Os cálculos podem ser visto na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Cálculo do Balanço Hídrico da bacia de rejeito da Cia. Mercantil e Industrial Ingá.
FONTE: PUC-Rio (2005).

Meses	Área Bacia de Rejeitos (m ²)	Precipitação Média (mm)	Volume Acumulado (m ³)	Volume a Ser Tratado (m ³ /dia)
Janeiro	310.000	158,5	49.135	1.585
Fevereiro	310.000	131,9	40.889	1.460
Março	310.000	127,5	39.525	1.275
Abril	310.000	113,6	35.216	1.174
Maior	310.000	72,0	22.320	720
Junho	310.000	38,3	11.873	383
Julho	310.000	42,6	13.206	426
Agosto	310.000	55,0	17.050	550
Setembro	310.000	58,9	18.259	589
Outubro	310.000	93,7	29.047	937
Novembro	310.000	106,9	33.139	1.069
Dezembro	310.000	195,1	60.481	1.951
TOTAL ANUAL	310.000	1.194	370.140	1.010

3.4.3. Tratamento de Efluente da Bacia de Rejeitos

Como mostra o balanço hídrico do item 3.5.2, o sistema de tratamento de efluente deveria operar como uma capacidade maior que 1.000 m³ diários, para tratar apenas o volume acumulado oriundo das contribuições pluviais, eliminando dessa maneira, apenas o risco de vazamento por *overtopping*. Porém, o risco de contaminação ambiental por ruptura do dique e pelas águas de percolação permaneceria, caso o volume de efluente acumulado inicialmente não fosse tratado.

A primeira tentativa de esvaziar a bacia de rejeito foi a partir do tratamento do efluente na antiga área de operação da indústria, que se encontrava desativada (Figura 3.7-a e 3.7-b). O efluente era bombeado para dentro de 4 dornas (Figura 3.8-a e 3.8-b), onde era misturado com Hidróxido de Cálcio (cal) com o auxílio de uma pá misturadora. A cal elevava o pH da mistura, precipitando o Zinco e o Cádmio. Em seguida, o efluente passava pelos filtros prensa (Figura 3.9-a e 3.9-b) que removiam o restante dos contaminantes aos níveis de zinco menor que 1,0 mg/L e de Cádmio menor que 0,2 mg/L. O efluente tratado era lançado nos corpos receptores atendendo os padrões legais estipulados pela Resolução do CONAMA N° 357/2005 (Cd = 0,2 mg/L e Zn = 5,0 mg/L) (PUC-Rio, 2008).



Figura 3.7 a e b – Antiga área de produção da indústria utilizada para o tratamento de efluente.
FONTE: PUC-Rio (2008).

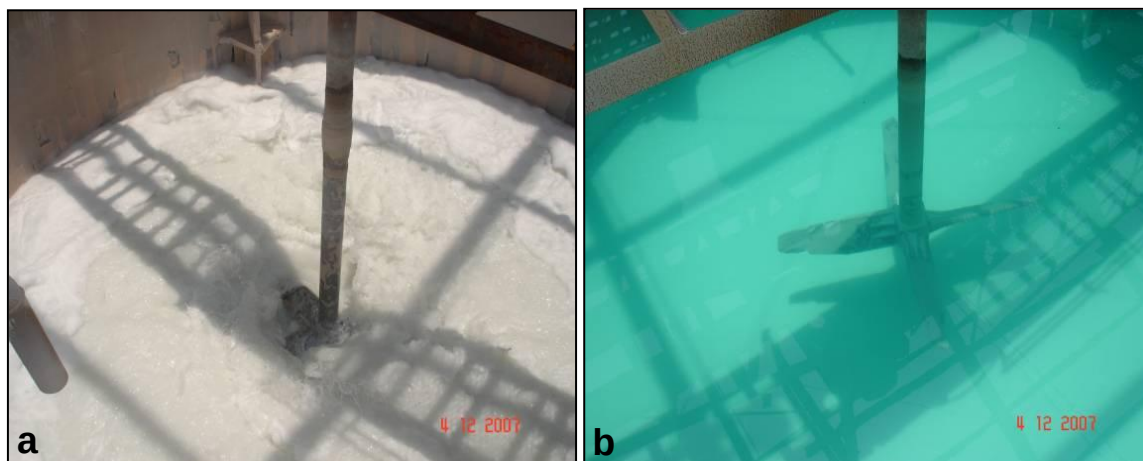


Figura 3.8 a – Pá mecânica misturando o cal com o efluente. FONTE: PUC-Rio (2008), e b – Efluente líquido em decantação, após a mistura do cal. FONTE: PUC-Rio (2008).



Figura 3.9 a e b – Filtros prensa utilizado durante o tratamento, após a precipitação química. FONTE: PUC-Rio (2008).

Cada dorna possuía a capacidade tratar de 100 m^3 por ciclo de tratamento. Cada ciclo levava em média 120 minutos (30 minutos para o enchimento das dornas, 20 minutos para a reação do efluente com a cal, 25 minutos para a decantação e 45 minutos para a filtração). Ou seja, teoricamente, cada dorna conseguia tratar 400 m^3 por turno de 8 horas. Num processo contínuo (24 horas), esse tratamento teria a capacidade de tratar 4.800 m^3 por dia (PUC-Rio, 2008).

Porém, devido ao estado de má conservação das dornas, dos filtros prensa e de todos os equipamentos utilizados durante este processo, o tempo referente à troca dos filtros devido à sua colmatação e às constantes quedas de energia na planta industrial, o rendimento esperado nunca foi alcançado. Segundo o Relatório da PUC-Rio, na prática, essa estação conseguia tratar apenas 800 m^3 por dia (292.000 m^3 por ano), ou

seja, não era capaz de tratar nem o volume acumulado anualmente (370.000 m³) na bacia, pela contribuição das águas pluviais.

3.4.4.

Tratamento Emergencial do Efluente Líquido da Bacia de Rejeitos

Devido à baixa eficiência do tratamento inicial, foi necessário desenvolver um sistema que fosse capaz de tratar as águas das chuvas e o efluente acumulado na bacia de rejeitos de maneira mais eficiente, para que o risco de vazamento e ruptura do dique fosse eliminado, antes do período de maior precipitação pluviométrica.

A equipe da PUC-Rio, liderada pelo Professor Antônio Roberto M. Barboza de Oliveira, desenvolveu em campo, uma câmara turbilhonar capaz de aproveitar a energia cinética obtida através do bombeamento do reagente (barrilha) e do bombeamento do efluente, otimizando o tempo de reação entre eles. A diminuição deste tempo era alcançada mediante o aumento da agitação e da pressão, dentro da câmara. Após a mistura, o efluente era lançado numa bacia de sedimentação, antes de ser descartado na Baía de Sepetiba. O processo esquemático desse sistema é apresentado pela Figura 3.10 e 3.11.

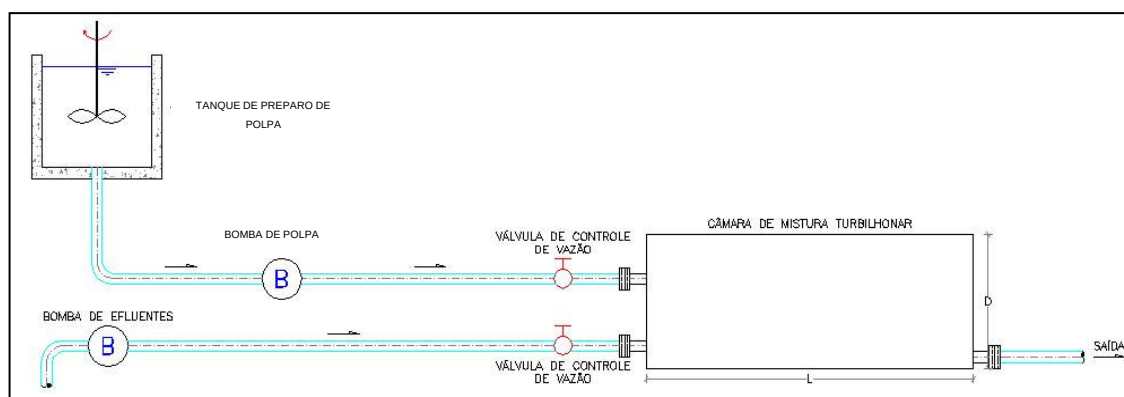


Figura 3.10 – Desenho esquemático da câmara de mistura conectada à linha de abastecimento do efluente e reagente.

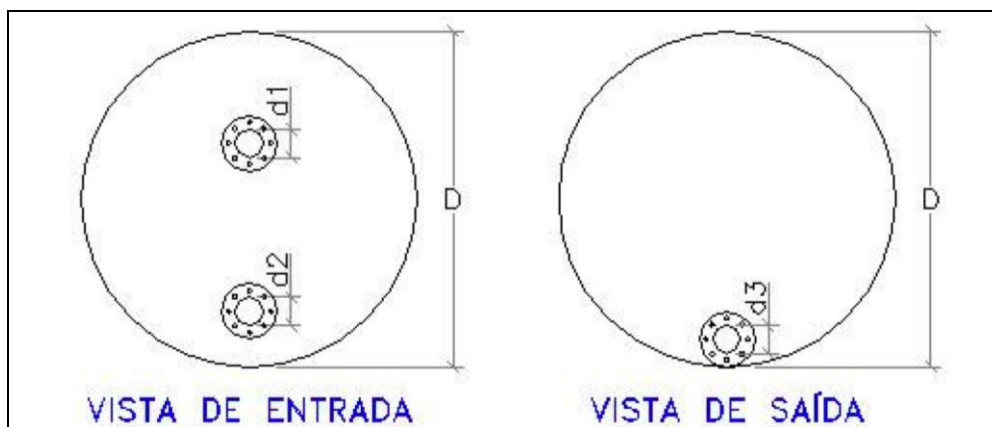


Figura 3.11 – Vista frontal da entrada e da saída da câmara de mistura.

Com a implementação deste tratamento emergencial, o sistema passou a processar, aproximadamente, 160.000 m³/mês, em regime de operação contínua (24 horas).

Com base nessa capacidade de tratamento mensal (160.000 m³), na média histórica de chuvas na região (1.194 m³) e no volume inicial contido na bacia de rejeitos (430.000 m³), estimou-se em 4 meses, o tempo necessário para que o processo de remediação emergencial fosse concluído, como pode ser visto na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Estimativa do tempo necessário para o esvaziamento da bacia de rejeitos.
FONTE: PUC-Rio (2007).

Meses	Área Bacia de Rejeitos (m ²)	Precipitação Média (mm)	Volume Acumulado (m ³)	Tratamento Mensal (m ³)	Volume Inicial da Bacia de Rejeitos (m ³)
Janeiro	310.000	158,5	49.135	160.000	430.000
Fevereiro	310.000	131,9	40.889	160.000	319.135
Março	310.000	127,5	39.525	160.000	200.024
Abril	310.000	113,6	35.216	160.000	79.549
Maio	310.000	72,0	22.320	160.000	0
Junho	310.000	38,3	11.873	160.000	0
Julho	310.000	42,6	13.206	160.000	0
Agosto	310.000	55,0	17.050	160.000	0
Setembro	310.000	58,9	18.259	160.000	0
Outubro	310.000	93,7	29.047	160.000	0
Novembro	310.000	106,9	33.139	160.000	0
Dezembro	310.000	195,1	60.481	160.000	0

Entretanto, a conclusão do processo de remediação da bacia de rejeitos durou, aproximadamente, 6 meses.

Cabe esclarecer que o excedente de tempo em relação à estimativa original se deveu, especificamente, a dois fatos, a saber: precipitação pluviométrica acima da média adotada como premissa e impossibilidade de se manter operação contínua

(24 horas), devido a interrupções no fornecimento de energia elétrica e problemas com a manutenção dos equipamentos utilizados no processo.

Vale ressaltar que a eficiência na remoção do zinco (99%) e do cádmio (93%) foi igual a do tratamento anterior e o efluente descartado na Baía de Sepetiba se manteve dentro dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA N° 357/2005.

A Figura 3.12, montada a partir de imagens obtidas no *Google Earth*, ilustra a evolução do tratamento implementado.

Nela é possível ver a barragem de rejeitos em quatro momentos distintos. No primeiro momento, em 2004 (a), a bacia de rejeitos ainda se encontra cheia de efluente. No segundo e terceiro momentos, respectivamente, junho de 2008 (b) e abril de 2009 (c), as imagens mostram, nitidamente, a evolução do tratamento, caracterizada pela coloração azulada da Bacia Pulmão, fruto da adição de barrilha. Na última etapa, em setembro de 2009 (d), é possível constatar que a bacia de rejeitos está praticamente seca.



Figura 3.12 a, b, c e d – Série Histórica do tratamento da bacia de rejeitos da Cia. Mercantil e Industrial Ingá.

3.5. Conclusões do Capítulo

O processo desenvolvido pela PUC-Rio teve bastante êxito no tratamento de quase 1.000.000 m³ (430.000 m³ iniciais + 570.000 m³ águas pluviais) de efluente

durante a sua operação, que pode ser associado à economia de tempo durante o processo de mistura.

É importante registrar, entretanto, que a aplicação deste modelo de tratamento teve sua viabilidade assegurada pela grande disponibilidade de área no local em que o trabalho foi desenvolvido.

Outro aspecto a ser destacado é o fato de a bacia de decantação ter sido impermeabilizada por *liner* duplo (camada de argila compactada + geomembrana) durante a sua construção, o que minimizou o risco de contaminação do meio ambiente.

Durante sua implementação, o tratamento emergencial conseguiu controlar o risco de contaminação da área, seja por ruptura ou vazamento, seja por *overtopping* da bacia de rejeitos.

Cabe ressaltar, no entanto, que a solução de caráter permanente, para que a bacia de rejeitos deixe de representar um risco de contaminação ambiental, requer que a pilha de rejeitos seja removida do local e receba destinação adequada.

Caso contrário, o processo de esvaziamento da bacia e o respectivo tratamento do efluente líquido acumulado podem vir a se tornar um processo recorrente, pois a cada estação chuvosa, o líquido acumulado estará contaminado devido à lixiviação e solubilização do material da pilha e exigirá a repetição dos procedimentos descritos anteriormente.

Após o término do contrato com a PUC-Rio, em 2008, a área da Cia. Mercantil e Industrial Ingá foi arrematada por R\$ 72 milhões, em junho desse mesmo ano, via leilão, pela empresa Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. - USIMINAS, que assumiu a responsabilidade de remediar e eliminar, definitivamente, o passivo ambiental da área.