

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
ENGENHARIA DE RECURSOS MINERAIS - CEERMIN**

MONOGRAFIA

**RECUPERAÇÃO E RECIRCULAÇÃO
DE ÁGUA NO PROCESSAMENTO MINERAL**

**Aluno: Wanderson Pereira Leite
Orientador: Prof. Rísia Magriotis Papini**

Fevereiro 2011

Dedicatória

Aos meus pais “Lourival e Rozena” que
diretamente contribuíram para esta
realização.

Agradecimentos

Agradeço a Deus.

Aos meus pais, pela educação e formação, desta forma contribuíram para esta realização. Aos meus irmãos, cunhadas, sobrinhos e sobrinhas, tia, prima.

À Renata pelo apoio, compreensão e carinho.

À minha orientadora, professora Rísia pela presteza no auxílio deste trabalho.

Aos meus amigos de República e da ECM, pelo apoio e incentivo.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	OBJETIVOS	3
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1	Processos de Tratamento de Minérios	4
3.2	Demanda de Água no Processamento de Minério	8
3.3	Efluentes na Mineração.....	11
3.4	Tipos de Tratamento de Água a Serem Utilizados	12
3.5	Legislação Ambiental	15
3.6	Mecanismos para reaproveitamento das águas no processamento mineral	18
3.6.1	Barragem de Rejeitos.....	18
3.6.1.1	Método de Montante.....	20
3.6.1.2	Método de Jusante.....	22
3.7	Espessadores	23
3.7.1	Espessadores Convencionais	26
3.7.2	Espessadores de Alta Capacidade.....	28
3.7.3	Espessadores de Alta Densidade	28
3.8	Filtragem	30
3.8.1	Filtros de Disco a Vácuo	31
3.8.2	Filtros de Esteira	34
3.8.3	Filtros Prensa.....	35
3.9	Estações de Tratamento de Água Convencionais.....	37
3.9.1	Aeração.....	39
3.9.2	Coagulação.....	39
3.9.3	Unidade de Mistura Rápida.....	41
3.9.4	Floculação	41
3.9.5	Decantação	43
3.9.6	Filtração	46
4.	CONCLUSÕES.....	48
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1: Fluxograma de uma unidade de tratamento de níquel.....	5
FIGURA 3. 2: Balanço de água Macro.....	9
FIGURA 3.3: Diagrama de blocos de um sistema tradicional de tratamento de efluentes	14
FIGURA 3.4: Esquema de reaproveitamento de águas	19
FIGURA 3.5: Esquema de construção de barragem pelo método de montante.....	21
FIGURA 3.6: Esquema de construção de barragem pelo método de jusante.....	22
FIGURA 3.7: Composição de um espessador	25
FIGURA 3.8: Aspecto da pasta oriunda de espessadores de alta densidade.....	30
FIGURA 3.9: Fluxograma de filtros associados a pós-tratamentos.....	31
FIGURA 3.10: Etapas de funcionamento do filtro de disco á vácuo	33
FIGURA 3.11: Esquema de funcionamento de um filtro de esteira.....	35
FIGURA 3.12: Esquema de funcionamento de um filtro prensa.....	36
FIGURA 3.13: Estação de tratamento de água convencional.....	38
FIGURA 3.14: Decantador convencional de fluxo horizontal.....	44
FIGURA 3.15: Corte esquemático de um decantador de placas paralelas.....	45

LISTA DE TABELAS:

TABELA 3.1: Principais impactos ambientais da mineração no Brasil.....	7
TABELA 3.2: Classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil.....	17
TABELA 3.3: Dados de referência para dimensionamento de espessadores.....	27

Resumo

A água recirculada na indústria de beneficiamento mineral pode ser utilizada como suprimento de água de processo, como fonte de irrigação de taludes e de canteiros, lavagens de máquinas, tubulações e pisos, no processo de controle de emissões atmosféricas aspergindo pilhas de minério e de vias de acesso, etc.

Esse trabalho ilustra o desenvolvimento das alternativas de recirculação da água industrial oriunda de empreendimentos minerários, possibilitando que as mineradoras produzam de forma sustentável.

Palavras – chave: Beneficiamento mineral, recuperação de água.

Abstract

The recycled water in the beneficiation mining industry can be used to supply process water, as a source of slopes and agriculture irrigation water, machine, piping and floors washing, ore piles and access roads water spray for dust control, etc.

This work is intended to describe the development of alternatives of water recycling in mining undertaking, making possible to the mining companies to produce ore in a sustainable way.

Key words: mineral beneficiation, water recovery

1. INTRODUÇÃO

A demanda de água constitui um dos maiores desafios a serem enfrentados pela humanidade, uma vez que a degradação do meio ambiente escasseia e contamina as reservas superficiais e subterrâneas de recursos hídricos. Dessa forma, o conceito de água como recurso inesgotável e gratuito passa por uma reflexão criteriosa. A preocupação da indústria mineral com a preservação do meio ambiente deriva do fato de que as atividades de lavra e processamento mineral são compostas por diversas etapas, às quais estão associadas algumas possibilidades de contaminação. Um exemplo disso é o volume significativo de água utilizado, que se torna responsável pelo transporte de diversos contaminantes, dentre estes reagentes químicos, óleos e material particulado. Com o objetivo de reduzir o impacto das atividades de mineração sobre o meio ambiente, foi estabelecida uma política de reutilização de água, incentivando o desenvolvimento e aplicação de processos de tratamento e recuperação de efluentes que atendam às novas exigências ambientais de qualidade de água, além de permitir a sua reutilização em etapas do processamento (SILVA, 2004).

Atualmente, a água utilizada para processo, resfriamento e transporte de polpa de minério chega a ser considerada por inúmeras vezes, o caminho crítico de projetos de implantação ou de expansão de unidades de beneficiamento mineral. Estudos hidrológicos e hidrogeológico são realizados para avaliação da qualidade da água disponível, distância de captação e de transporte, e principalmente, a disponibilidade dos recursos hídricos da região escolhida para alocar algum novo empreendimento.

Caso estes estudos sejam convincentes e positivos, é dado o sinal verde para o prosseguimento dos estudos de engenharia, incluindo-se nisso o pedido de outorga ao uso das águas, análise física, química e bacteriológica dos recursos disponíveis, análise de utilização de poços profundos.

O desenvolvimento de novas necessidades, novos equipamentos e o aparecimento de legislação ambiental restritiva e dotada de instrumentos punitivos, fez com que todas as usinas de beneficiamento, sem exceção, necessitassem se adequar aos novos tempos. Tempos estes que primam pela utilização sustentável dos recursos hídricos, monitorando e mantendo a qualidade dos corpos de água que servem como suprimento de água das plantas ou como receptores de águas já servidas.

Operacionalmente torna-se pouco provável continuar as atividades de alguma usina de tratamento de minério que não esteja inserida no contexto de alto índice de recuperação de água sob o ponto de vista econômico, ambiental e social. Importante ressaltar que recuperar a água não é o bastante. Recuperar altos índices, cerca de 75 a 90 % do total consumido, é o que mineradoras de grande porte têm objetivado nos últimos anos.

Serão apresentadas nesse trabalho monográfico as alternativas técnicas cabíveis para possibilitar a adequação da água aos parâmetros necessários para a recirculação dentro das usinas. São elas: barragens de rejeitos, espessadores, filtros de esteira e prensa, estações de tratamento de água bruta e estações de tratamento de efluentes industriais.

A grande dificuldade em relação à engenharia e à construção destes dispositivos de recirculação e/ou adequação das águas nas unidades de beneficiamento, seriam a presença de metais pesados e ânions tóxicos, sólidos suspensos, resíduos orgânicos (surfactantes, óleos, espumantes) e os grandes volumes a serem tratados. Sabe-se hoje por prática industrial, que a indústria de beneficiamento de minério de ferro chega a utilizar 6m^3 de água para cada tonelada de concentrado produzido pela usina, dependendo do tipo de instalação existente e do concentrado a ser produzido.

2. OBJETIVOS

- Descrever e analisar tecnicamente cada um dos mecanismos capazes de promover o reuso das águas dentro das usinas. São eles: barragens de rejeito, espessadores, filtros e estações de tratamento de água;
- Traçar um breve histórico das alternativas de reuso;
- Comparar tecnologias, observando-se viabilidade econômica, técnica e ambiental.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Processos de Tratamento de Minérios

Atualmente a mineração é uma atividade indispensável para a sociedade moderna, dada a importância que os bens minerais e derivados assumiram na economia mundial que, de uma forma geral, vão desde as necessidades básicas como habitação, agricultura, transporte e saneamento, às mais sofisticadas, como tecnologia de ponta nas áreas de comunicação e informática. Os minérios são definidos como um conjunto de minerais, onde um ou mais minerais são economicamente auto-sustentáveis no que concerne à sua utilização industrial.

A produção dos minerais de interesse acontece em um conjunto de etapas que serão descritas a seguir:

- Pesquisa ou prospecção: envolve o conjunto de trabalhos geológicos dirigidos para a descoberta de depósitos minerais úteis do ponto de vista econômico.
- Exploração Mineral e Desenvolvimento: estudos multidisciplinares realizados por geólogos, engenheiros, economistas; indicarão se o minério em questão pode ser explorado;
- Mineração ou Exploração: extração do minério do subsolo, seja em minas subterrâneas, seja em minas a céu aberto;
- Beneficiamento ou Processamento de minério: conjunto de operações básicas com o objetivo de se obter a adequação química e física do mineral economicamente viável para uso na etapa seguinte da cadeia produtiva;
- Metalurgia ou Indústria Química: extração do metal puro ou outro elemento de interesse a partir do concentrado mineral;
- Transporte: carregamento do concentrado mineral até o mercado consumidor;

O conjunto de operações realizadas como o intuito de se adequar o minério bruto, às condições físicas e químicas necessárias para a sua comercialização direta ou uso em outro processo de transformação, geralmente é chamado de Beneficiamento, Tratamento

ou Processamento de minério. Dentre as operações no processamento de um minério podemos citar as mais importantes: a cominuição (diminuição de tamanho de partículas), classificação (colocação dos materiais dentro de uma faixa granulométrica), concentração (separação do mineral com valor econômico dos demais), separação sólido-líquido (recuperação da água utilizada nas operações anteriores e adequação da taxa de umidade do concentrado e rejeito), disposição de rejeitos, e algumas operações auxiliares.

A água é utilizada em todas as etapas que empregam processos a úmido como a moagem, classificação, concentração gravítica, concentração magnética, flotação e lixiviação. As vazões mássicas necessárias para estas operações atingem valores elevados.

O fluxograma de processo de uma usina de tratamento de minério de níquel, com todas as etapas necessárias para produção do mesmo, é apresentado na Figura 3.1.

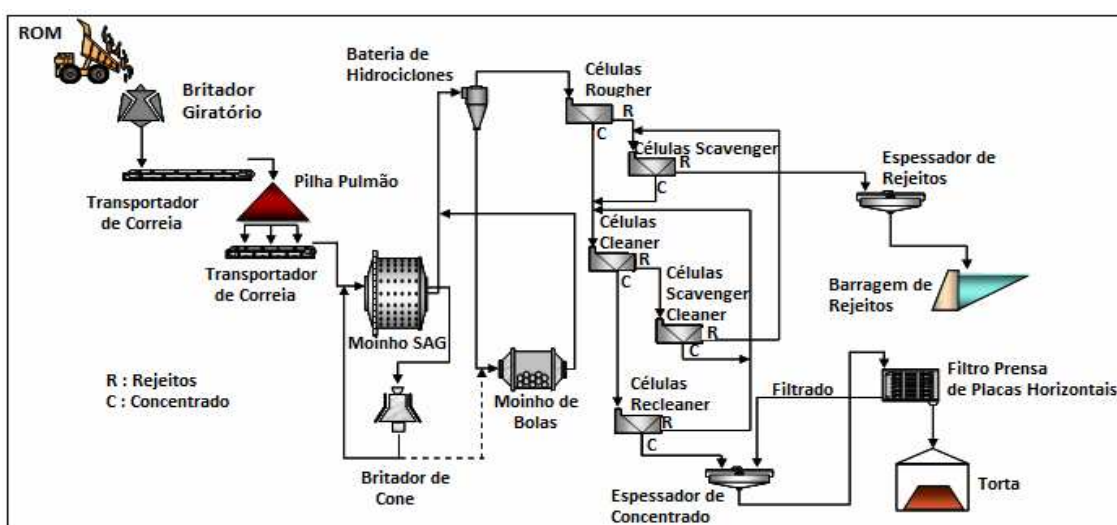


FIGURA 3.1: Fluxograma de uma unidade de tratamento de níquel (ECM SA – Projetos Industriais, 2008).

Usualmente todas essas operações referentes ao minério de níquel, são realizadas em conjunto em uma só unidade industrial, sendo arranjadas de forma seqüencial e contínua. Isso aumenta a viabilidade econômica e diminui os impactos ambientais decorrentes da atividade. Quando ocorrem em locais distintos o impacto ambiental aumenta porque a área de influência direta do empreendimento é maior.

Como resultante do processo de extração e processamento de minérios, dois tipos de resíduos são gerados: os estéreis (fração de material retirado durante a lavra e tem cerca

de 8% de umidade), que são dispostos em pilhas ou cavas já exauridas, e os rejeitos (fração úmida – cerca de 50% de umidade) que normalmente são destinados a barragens de contenção, de onde a água incorporada pode ser captada e recirculada se tomados os devidos cuidados.

Os estéreis em geral não possuem características poluidoras, já os rejeitos podem ser altamente tóxicos, podem possuir alto índice de sólidos em suspensão que eventualmente podem ser solubilizados liberando elementos danosos ao meio ambiente, metais pesados e reagentes utilizados no processo de beneficiamento. Por isso, as barragens de rejeitos têm que ser dimensionadas e construídas levando-se em conta vários fatores.

A Tabela 3.1 apresenta uma síntese dos principais impactos ambientais na produção brasileira das seguintes substâncias minerais: ferro, ouro, chumbo, zinco, prata, carvão, agregados para construção civil, gipsita e cassiterita (FARIA, 2002).

Tabela 3.1: Principais impactos ambientais da mineração no Brasil (FARIA, 2002).

Substância Mineral	Estado	Principais problemas	Ações Preventivas e ou Corretivos
Ferro	MG	Antigas barragens de contenção, poluição de águas superficiais	Cadastramento das principais barragens de decantação em atividade e as abandonadas; Caracterização das barragens quanto a estabilidade; Preparação de estudo para estabilização
Ouro	PA	Utilização de mercúrio na concentração do ouro de forma inadequada; aumento da turbidez, principalmente na região de tapajós	Divulgação de técnicas menos impactantes; monitoramento de rios onde houve maior uso de mercúrio
	MG	Rejeitos ricos em arsênio; aumento da turbidez	Mapeamento e contenção dos rejeitos abandonados
	MT	Emissão de mercúrio na queima de amalgma	Divulgação de técnicas menos impactantes
Chumbo, Zinco e Prata	SP	Rejeitos ricos em arsênio	Mapeamento e contenção dos rejeitos abandonados
Chumbo	BA	Rejeitos ricos em arsênio	Mapeamento e contenção dos rejeitos abandonados
Zinco	RJ	Barragem de contenção de rejeito, de antiga metalurgia em péssimo estado de contenção	Realização das obras sugeridas no estudo contratado pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro
Carvão	SC	Contaminação das águas superficiais e subterrâneas pela drenagem ácida proveniente de antigos depósitos de rejeitos	Atendimento as sugestões contidas no Projeto Conceitual para Recuperação da Bacia Carbonífera Sul Catarinense
Agregados para construção civil	RJ	Produção de areia em Itaguaí/Seropédica: contaminação do lençol freático, uso futuro da terra comprometido devido a criação desordenadas de áreas alagadas	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento
	SP	Produção de areia no Vale do Paraíba acarretando a destruição da mata ciliar, turbidez, conflitos com uso e ocupação do solo, acidentes nas rodovias causados pelos transportes	Disciplinamento da atividade; Estudos de alternativas de abastecimento e de transporte
	RJ e SP	Produção de brita nas Regiões Metropolitanas do Rio de Janeiro e São Pauloacarretando: vibração, ruído, emissão de particulados, transporte, conflitos com uso e ocupação de solo	Aplicação de técnicas menos impactantes; Estudo de alternativas de abastecimento
Cálcario	MG e SP	Mineração em áreas de cavernas com impactos no patrimônio espeleológico	Melhor disciplinamento da atividade através da revisão da Resolução Conama número 5 de 06/08/1987
Gipsita	PE	Dematamento da região do Araripe devido a utilização de lenha nos fornos de queima da gipsita	Utilização de outros tipos de combustível e incentivo ao reflorestamento com espécies nativas
Cassiterita	RO e AM	Destruição de Floretas e leitos de rios	Racionalização da atividade para minimizar os impactos

3.2 Demanda de Água no Processamento de Minério

A demanda de água constitui um dos maiores desafios a serem enfrentados pela humanidade, uma vez que a degradação do meio ambiente escasseia e contamina as reservas superficiais e subterrâneas de recursos hídricos (SILVA, 2004).

Dessa forma, o conceito de água como recurso inesgotável e gratuito passa por uma reflexão criteriosa.

A preocupação da indústria mineral com a preservação do meio ambiente deriva do fato de que as atividades de lavra e processamento mineral, são compostas por diversas etapas, às quais estão associadas algumas possibilidades de contaminação. Um exemplo disso é o volume significativo de água utilizado, que se torna responsável pelo transporte de diversos contaminantes, dentre estes reagentes químicos, óleos e material particulado.

Com o objetivo de reduzir o impacto das atividades de mineração sobre o meio ambiente, foi estabelecida uma política nacional que estabelece à reutilização de água, nas indústrias incentivando o desenvolvimento e aplicação de processos de tratamento e recuperação de efluentes que atendam às novas exigências ambientais de qualidade de água.

As indústrias de beneficiamento mineral são altamente dependentes do suprimento de água para a operação de suas etapas de processo. O atual quadro é caracterizado por um volume crescente de atividades deste tipo, com ênfase na otimização dos processos existentes e a busca de novas tecnologias para o controle dos impactos ambientais (RUBIO E TESSELE, 2002).

Os padrões de qualidade da água a ser utilizada no beneficiamento são menos rigorosos se comparados a outros usos industriais como: indústrias de papel e celulose, usinas de etanol, refinarias de petróleo.

O que acontece no caso da mineração é que padrões diferentes de qualidade da água podem ser necessários para uma mesma usina. Por exemplo, a água utilizada para preparação de reagentes deve ter uma melhor qualidade do que a água que será adicionada no processo de moagem a úmido (cominuição). Por isso deverão ser identificados claramente, as qualidades e os volumes necessários para cada tipo de utilização dentro das usinas.

A partir destas informações, deverá ser elaborado um balanço de água da usina identificando vazões de captação de água bruta, vazões e pontos de geração de efluentes e volumes de água a serem recuperados em dispositivos pertinentes. O intuito deste balanço de água será identificar o volume de água perdido por evaporação, infiltração, ou que foi incorporado no concentrado (produto final) e a quantidade de produtos químicos adicionados a água durante o processo de beneficiamento, caso a usina seja existente. Caso a usina seja nova, deverão ser utilizados como referência, projetos de instalações similares realizados anteriormente.

A figura 3.2 representa o balanço de água macro, referente a uma usina de beneficiamento de níquel (ECMSA Projetos Industriais, 2008)

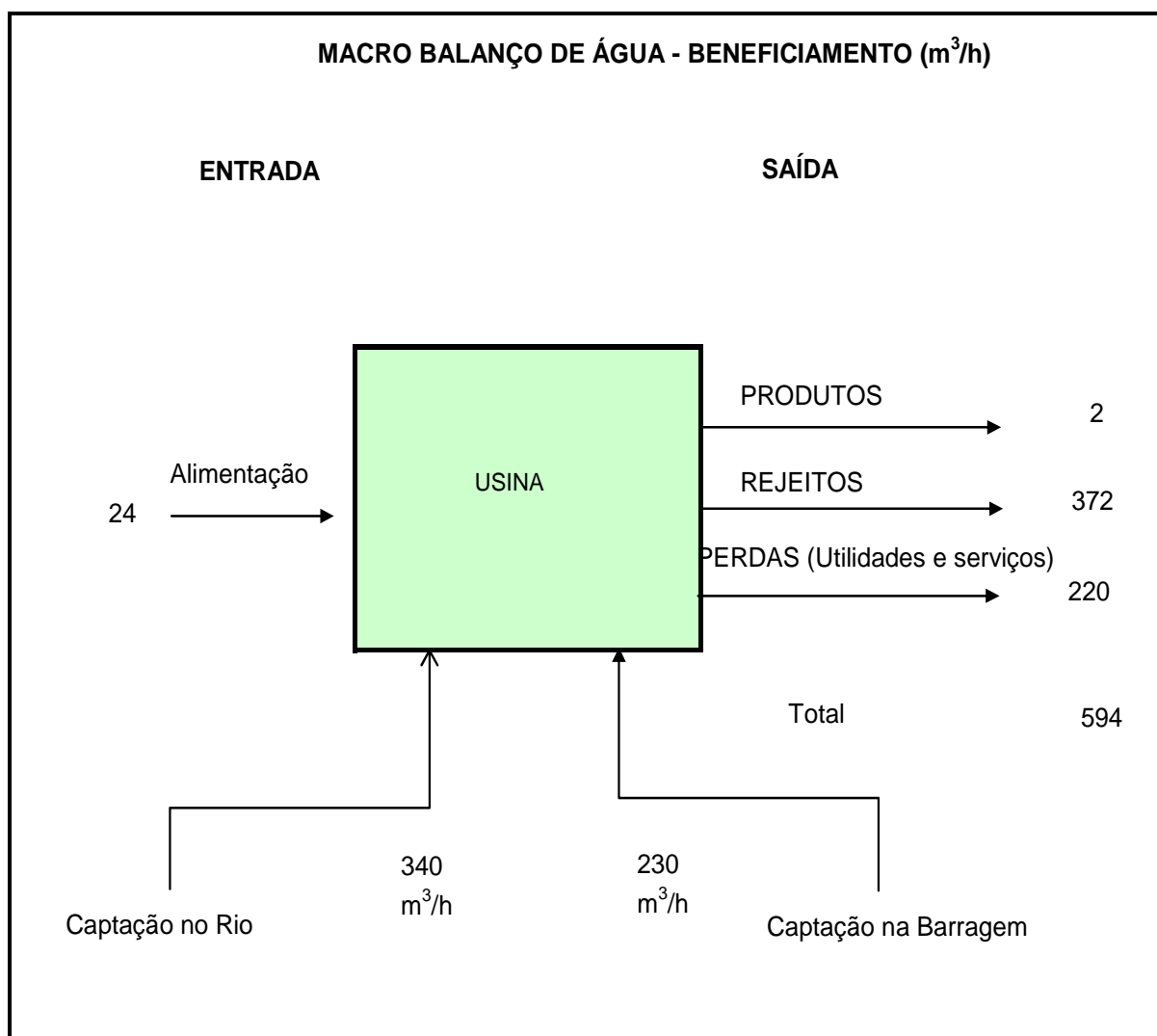


FIGURA 3.2: Balanço de água Macro (ECM SA – Projetos Industriais, 2008).

O volume de água gerado na usina está diretamente relacionado aos seguintes fatores:

- Minério a ser tratado: há diferenciação de consumos para os vários tipos de minérios que uma usina de beneficiamento pode produzir. Usinas de beneficiamento de minério de ferro, por exemplo, utilizam de 10 a 15 vezes mais água do que usinas de beneficiamento de bauxita, considerando produções equivalentes;
- Capacidade de produção: o consumo de água está obrigatoriamente atrelado à capacidade de produção da usina;
- Condições climáticas da região: caso a região seja quente, o consumo de água aumentará devido à maior taxa de perdas por evaporação;
- Disponibilidade: se não houver disponibilidade e mesmo assim o empreendimento tornar-se viável, os equipamentos e métodos a serem utilizados deverão empregar menos água. Ex: moagem a seco;
- Idade da instalação: instalações industriais mais recentes possuem equipamentos mais modernos que demandam menor quantidade de água. Além disso, as tubulações de água e de polpa de minério apresentam menor vulnerabilidade em relação a perdas por vazamentos;
- Cultura da empresa: empresas “politicamente corretas” tendem a instalar equipamentos mais eficientes e com menores demandas de água, mesmo que o investimento de instalação seja mais alto.

3.3 Efluentes na Mineração

A caracterização dos efluentes gerados na unidade de beneficiamento deve ser realizada através da coleta de amostras para análise de diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos que nortearão o início de qualquer projeto de engenharia que envolva tratamento e recirculação de água.

Durante a caracterização dos efluentes gerados e a quantificação dos mesmos, deve-se qualificar o uso da água a ser tratada e posteriormente reutilizada na usina de beneficiamento. Sabe-se que para cada uso, a qualidade da água tratada pode ser diferente, interferindo assim na escolha do processo de tratamento a ser utilizado. Por exemplo: se a água a ser recirculada servirá apenas como reposição em caixas de bombas, lavagem de pisos e máquinas, aspersão de transportadores de correia ou vias de acesso, dentre outros, provavelmente o tratamento do tipo preliminar atenderá ao padrão de qualidade requerido. O tratamento preliminar visa o mínimo de adequação da água no que diz respeito ao tratamento físico, químico ou biológico, agindo somente na retirada de sólidos muito grosseiros, flutuantes e de matéria mineral sedimentável.

É necessário também verificar a classe legal em que enquadra o corpo de água que receberá qualquer descarte realizado pela indústria.

Normalmente, os efluentes originados em usinas de tratamento de minérios, têm o aspecto turvo e estão associados a altos índices de sólidos suspensos de pequenas dimensões, o que dificulta o processo de sedimentação. Além disso, tais efluentes podem conter sais e compostos orgânicos sintéticos, geralmente reagentes de flotação, potenciais causadores de danos à flora e à fauna. Por esse motivo, esses fluxos são tratados antes do descarte, com o objetivo de atingir a qualidade exigida pela legislação ambiental.

Outro impacto ambiental importante em efluentes oriundos da mineração são os íons cianeto usado na lixiviação de minérios de ouro e prata. Esses íons são nocivos à vida animal, pois se ligam fortemente aos íons metálicos da matéria viva, por exemplo, ao ferro das hemoglobinas, impedindo-o de transportar o oxigênio para as células dos organismos durante o processo de respiração celular. Diversos casos de mortandade de peixes são registrados em concentrações acima 0,1 ppm (RUBIO e TESSELE, 2004).

Os íons de arsênio gerados pela dissolução de minerais como a arsenopirita, são contaminantes também geralmente encontrados em efluentes de usinas. O arsênio e seus compostos são tóxicos e carcinogênicos, sendo que a dose letal para seres humanos é considerada da ordem de 0,6 mg/Kg/dia (ANA, 2006). A contaminação das águas subterrâneas por compostos arsênicos, no entanto, é muito inferior àquelas observadas no efluente das barragens de rejeito. Isso ocorre devido ao poder de absorção do solo, argilominerais e óxidos de ferro, ou mesmo pela reação dos íons As^{3+} com íons ferrosos e arsenitos à medida que a solução migra para ambientes mais oxidantes. Esses fenômenos naturais são também utilizados no processo de remediação (ANA, 2006).

Os reagentes utilizados no processo de flotação, muito comum em usinas de minério de ferro, cobre, fosfatos; inserem-se neste contexto de possíveis agentes contaminantes de efluentes, por exemplo:

- As aminas utilizadas na flotação reversa de minério de ferro;
- Os ácidos graxos utilizados na flotação de fosfatos;
- Xantatos e espumantes no caso da flotação de minerais sulfetados.

Rubio e Tessele (2004) relacionam os principais reagentes utilizados em usinas de tratamento de minérios e que podem ser contaminantes nos efluentes aquosos. A toxicidade desses reagentes segundo estes autores é variada, indo dos muito tóxicos, como os coletores tiólicos (por exemplo, xantatos), sulfonatos e aminas; moderados, como a maioria dos espumantes; e não tóxicos, como o amido.

Além dos reagentes de flotação, as usinas utilizam reagentes (floculantes e coagulantes) para auxiliar o processo de sedimentação dos sólidos suspensos, como meio de adensar o material concentrado, as lamas e os rejeitos antes destes serem enviados à destinação final. Com isso, as águas de descarga poderão conter quantidades residuais de íons de cobre, zinco, cianetos, sais solúveis de amina, entre outros.

3.4 Tipos de Tratamento de Água a Serem Utilizados

O procedimento operacional mais utilizado é de captação e adução da água bruta e posterior tratamento adequando a água aos padrões de qualidade necessários. Como o presente trabalho discorre sobre a recuperação e reutilização de águas já usadas no

processo, este procedimento acontecerá apenas para reposição de água potável e pela fração água de processo perdida por evaporação ou infiltração.

A água potável não deve ser originada de fontes de reutilização, não por exigências da lei, mas objetivando-se diminuir o potencial contaminantes caso algo dê errado no processo de tratamento. Com isso, a água a ser potabilizada neste tipo de empreendimento deverá ser obrigatoriamente originária de cursos de águas naturais, não devendo ser captada em barragens de rejeitos, ou qualquer tipo de fonte de água recirculada.

Geralmente as estações de tratamento de efluente baseiam-se em várias etapas. De acordo com NUNES (2004), podemos classificar o tratamento de águas residuárias nos seguintes níveis ou fases:

❖ Tratamento preliminar

Remove apenas sólidos muito grosseiros, flutuantes e matéria mineral sedimentável. Os processos de tratamento preliminar são os seguintes: gradeamentos; desareiaadores (caixas de areias); caixas de retenção de óleos e gorduras; peneiras.

❖ Tratamento primário

Remove matéria orgânica em suspensão e a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) diminui parcialmente. Os processos de tratamento primários são os seguintes: decantação primária ou simples; precipitação química com baixa eficiência; flotação; neutralização.

❖ Tratamento secundário

Remove matéria orgânica dissolvida e em suspensão. A DBO decresce quase que totalmente. Dependendo do sistema adotado, as eficiências de remoção são altas. Os processos de tratamento secundários são os seguintes: processos de lodos ativados; lagoas de estabilização; sistemas anaeróbicos com alta eficiência; lagoas aeradas; filtros biológicos; precipitação química com alta eficiência.

❖ Tratamento terciário ou avançado

Quando se pretende obter um efluente de alta qualidade, ou a remoção de outras substâncias contidas nas águas residuárias. Os processos de tratamento terciário são os seguintes: adsorção em carvão ativado; osmose reversa; eletrodialise; troca iônica;

filtros de areia; remoção de nutrientes; oxidação química; remoção de organismos patogênicos.

A figura 3.3 mostra um diagrama contendo as fases de tratamento de água segundo a ANA – Agência Nacional das Águas (2006).

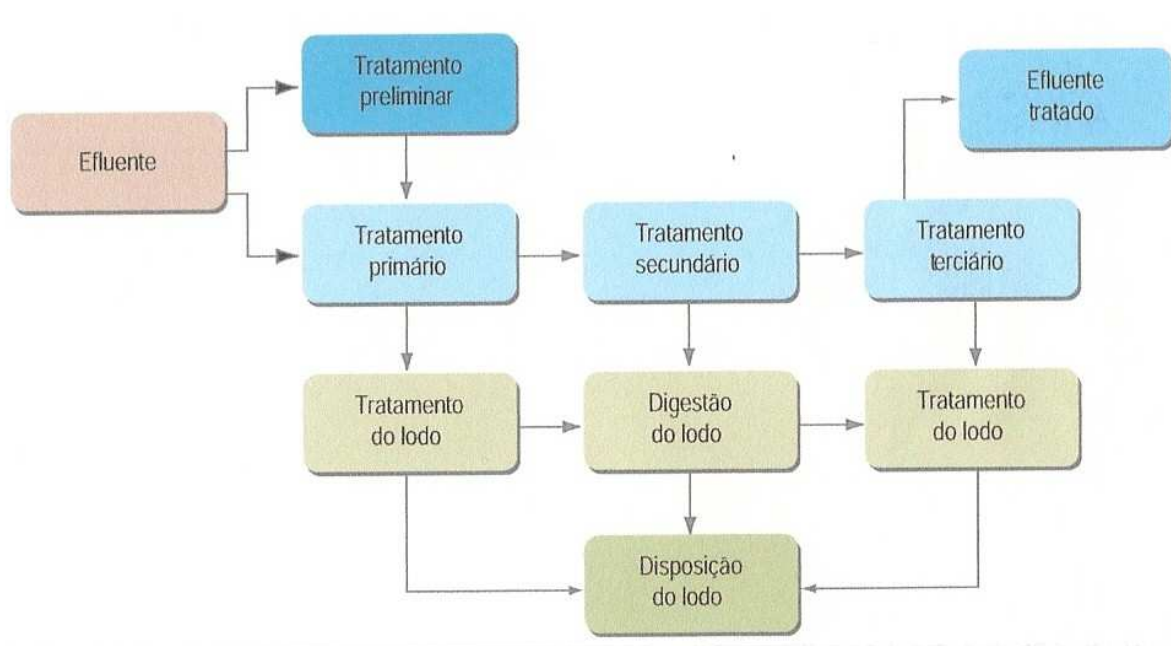


FIGURA 3.3: Diagrama de blocos de um sistema tradicional de tratamento de efluentes (ANA – Agência Nacional das Águas, 2006).

Usualmente para a utilização em usinas de beneficiamento mineral, a água a ser recirculada não necessita de tratamentos muito elaborados. Um dos motivos é que nenhum dos usos dentro das usinas é muito exigente no que diz respeito à qualidade da água. A utilização identificada como mais exigente, seria a de água para resfriamento, excluindo-se logicamente, a água que será potabilizada e destinada a escritórios, refeitórios e instalações administrativas.

Identificada a opção desejada para adequar os efluentes gerados na usina, deverá ser posto em prática um projeto de engenharia que englobe as alternativas técnicas existentes e a legislação ambiental vigente.

3.5 Legislação Ambiental

Com o objetivo de minimizar os impactos causados pelo uso dos recursos hídricos, o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), órgão responsável pela regulamentação ambiental no Brasil, estabeleceu resoluções normativas que disciplinam os diversos setores da sociedade que utilizam a água como fonte de recurso natural.

As normas estabelecem padrões de qualidade que devem ser respeitados por indústrias, produtores rurais e autarquias municipais ao produzirem quaisquer tipos de efluentes líquidos sejam eles originados domesticamente, industrialmente ou comercialmente.

Além das normas, foi aprovada no dia 8 de Janeiro de 1997, a Lei Federal no. 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

No âmbito industrial, quando se objetiva construir ou modificar instalações de tratamento de águas residuárias, a legislação ambiental deve ser a primeira condicionante a ser levada em consideração. Para tal, devem ser destacadas as seções III e IV da Lei Federal n.º. 9.433, que preconiza questões relacionadas à outorga dos direitos ao uso das águas e à cobrança do uso dos recursos hídricos.

De acordo com (MIERZWA e HESPANHOL, 2000), na seção III, da outorga de direitos de uso de recursos hídrico, merecem destaques os seguintes artigos, transcritos parcialmente a seguir:

Art 12 – Estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

I – Derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive de abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II – extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III – lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

Art15 – A outorga de direito de uso de recursos hídricos poderá ser suspensa parcial ou totalmente, em definitivo ou por prazo determinado, nas seguintes circunstâncias:

IV – necessidade de se prevenir ou reverter grave degradação ambiental;

V – necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas.

Na seção IV, da cobrança do uso dos recursos hídricos, deve-se destacar:

Art 19 – A cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

I – reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu valor;

II – incentivar a racionalização do uso da água;

Art 21 – Na fixação dos valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos devem ser observados, dentre outros:

I – nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;

II – nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente.

A resolução CONAMA número 357, de 17 de Março de 2005 trata da classificação das águas doces, salobras e salinas do País de acordo com suas utilizações e respectivos padrões de qualidade.

Esta resolução também preconiza os padrões de lançamentos de efluentes em corpos de água, definindo concentrações máximas para vários parâmetros. Esta resolução tornou-se balizadora do desenvolvimento de qualquer projeto de tratamento de efluentes realizado a partir de sua publicação. Fica vedada através dela que quaisquer efluentes, sejam eles tratados ou não, sejam lançados em corpos de água da Classe Especial, de acordo com o Art 32. A tabela 3.2 identifica em quais classes cada tipo de água pode enquadrar-se de acordo com a resolução nº 357.

TABELA 3.2: Classificação das águas doces, salobras e salinas do Brasil
(HESPANHOL, 2000)

CLASSES DE ÁGUAS DOCES	PRINCIPAIS USOS
Classe especial	Consumo, com desinfecção Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
Classe 1	Consumo humano, após tratamento simplificado Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) Irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo, ingeridas cruas e sem remoção de películas Proteção de comunidades aquáticas em terras indígenas
Classe 2	Consumo humano, após tratamento convencional Proteção das comunidades aquáticas Recreação de contato primário Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins e campos de esporte e lazer, com os quais o público possa ter contato direto Aquicultura e atividade de pesca
Classe 3	Consumo humano, após tratamento convencional ou avançado Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras Dessedentação de animais
Classe 4	Navegação Harmonia de animais
CLASSE DE ÁGUAS SALINAS	PRINCIPAIS USOS
Classe especial	Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
Classe 1	Recreação de contato primário Proteção das comunidades aquáticas Aquicultura e atividade de pesca
Classe 2	Pesca amadora Recreação de contato secundário
Classe 3	Navegação Harmonia paisagista
CLASSES DE ÁGUAS SALOBRAS	PRINCIPAIS USOS
Classe especial	Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral
Classe 1	Recreação de contato primário Proteção das comunidades aquáticas Aquicultura e atividade de pesca Consumo humano, após tratamento convencional ou avançado Irrigação de hortaliças consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo, ingeridas cruas e sem remoção de películas; de parques, jardins e campos de esporte e lazer, com os quais o público possa ter contato direto
Classe 2	Pesca amadora Recreação de contato secundário
Classe 3	Navegação Harmonia paisagística

3.6 Mecanismos para reaproveitamento das águas no processamento mineral

3.6.1 Barragem de Rejeitos

A utilização de barragem de rejeitos é muito comum em unidades de tratamento de minérios, sejam elas de pequeno ou grande porte. O objetivo principal da utilização deste dispositivo de engenharia é evitar a contaminação ou o assoreamento de corpos de água a jusante da barragem, provocados por materiais oriundos do beneficiamento realizado nas usinas.

Como objetivo secundário, estas unidades de contenção de rejeitos, são utilizadas como enormes unidades de decantação e adequação das águas usadas no processamento dos minérios, que posteriormente retornarão para a usina como água recirculada. Desta forma, as empresas mineradoras conseguem obter algum retorno econômico e ambiental de dispositivos que teoricamente só serviriam para dispor rejeitos.

No Brasil algumas usinas de tratamento de minério utilizam água recirculada de barragem de rejeito, caso não tenha outros métodos de recirculação de água, como espessadores, ciclones ou filtros.

No exemplo da figura 3.4, cerca de 10% do total consumido pela usina é oriundo de recirculação da barragem de rejeitos. Neste caso, a baixa porcentagem relativa à recirculação da barragem de rejeitos deve-se ao fato de que esta usina possui outros mecanismos de recirculação interna de água. Isso possibilita maior eficiência e menor custo operacional, se comparado à construção e operação de grandes diques de contenção de rejeitos.

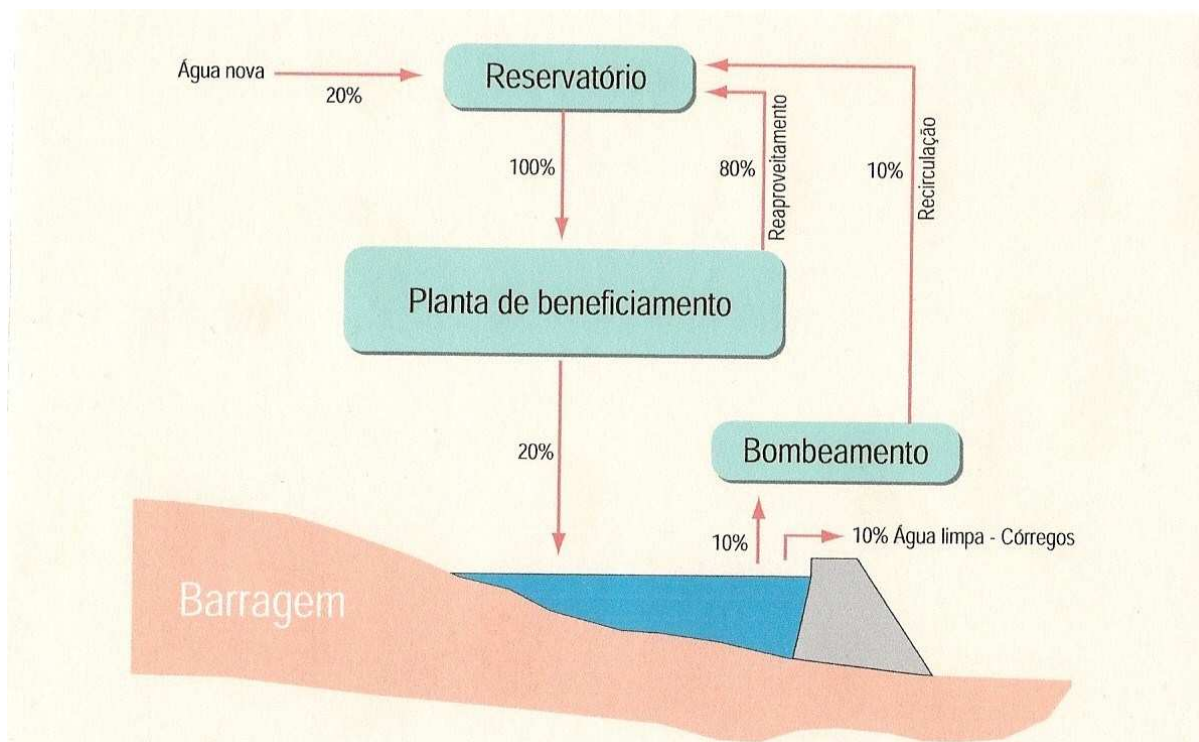


FIGURA 3.4: Esquema de reaproveitamento de águas (ECM, 2008)

Para assegurar a construção adequada de uma barragem de rejeitos ativa, que receberá material proveniente da usina de beneficiamento e cederá água para a recirculação, deverão ser levados em contas inúmeros fatores:

- Escolha da área a ser instalada: o objetivo aqui será de identificar uma área que atenda a necessidade para reservação do volume de rejeito produzido. Caso a área se encontre em locais onde haja ocupação humana no entorno, os cuidados para controle e monitoramento da barragem deverão ser infinitamente maiores, com o intuito de se prevenir acidentes que resultem em mortes, como o ocorrido em São Sebastião das Águas Claras, em Minas Gerais, em Junho de 2001. Além destes requisitos, a área a ser escolhida deverá possuir boa drenagem e material com boa resistência;
- Tempo de detenção hidráulica: como o intuito secundário das barragens é adequar a água para reuso, a água deverá ser mantida no reservatório até alcançar qualidade necessária de clarificação. O parâmetro balizador para alcançar esta meta, é o tempo de detenção hidráulico. Usualmente, esse parâmetro gira em torno de 3 a 4 dias chegando em alguns casos a alcançar

períodos de semanas, ou até mesmo de meses dependendo do regime de produção de rejeitos da usina;

- Necessidade de impermeabilização: de acordo com a toxicidade dos rejeitos produzidos na planta de beneficiamento, deverá ser analisada a necessidade de impermeabilização do perímetro da barragem a ser projetada. Em alguns casos, é restrito a utilização deste mecanismo de tratamento e recirculação de água devido ao alto custo de implantação deste tipo de barragem.

Segundo (ALBUQUERQUE E FILHO, 2006) a estrutura de barramento deve ser construída com a utilização de material de áreas de empréstimo, e inicialmente, ter capacidade para absorver os rejeitos gerados por dois ou três anos de operação da usina de beneficiamento. Após esse período, deverão ser realizados alteamentos que também podem utilizar materiais de áreas de empréstimo, estéreis, ou até mesmo o próprio rejeito produzido pela usina depois de adensado em ciclones.

Os métodos de alteamento são geralmente classificados como a seguir:

- Método de montante;
- Método de jusante.

3.6.1.1 Método de Montante

Por ser econômico e de fácil construção esse método é o mais utilizado pelas mineradoras para a construção de diques de barramento de rejeitos. A etapa inicial nesse método consiste na construção de um dique de partida, normalmente utilizando-se material argiloso ou enrocamento compactado.

O rejeito é descarregado ao longo do perímetro do dique por ciclones ou por pequenas tubulações chamadas de “spigots, formando assim a praia de deposição”. Como os rejeitos possuem diferenciação granulométrica, as partículas mais grossas e mais pesadas sedimentam mais rapidamente e permanecem nas zonas perto do dique. Já as partículas mais finas e menos densas são transportadas para as zonas internas da bacia.

Nas etapas seguintes são construídos diques em todo o perímetro da bacia de acordo com a necessidade operacional da usina. Caso estes alteamentos utilizem rejeitos, é importante ressaltar que o material a ser utilizado deverá conter altos índices de areia e

alta porcentagem de sólidos para que ocorra a segregação granulométrica, possibilitando maior segurança na construção.

A figura 3.5 mostra o esquema de construção de uma barragem de rejeitos utilizando-se o método de montante.



FIGURA 3.5: Esquema de construção de barragem pelo método de montante (ALBURQUEQUE FILHO, 2004).

Segundo ASSIS e ESPOSITO (1995) o método de montante apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Menor custo de construção;
- Facilidade operacional;
- Flexibilidade na construção;
- Volume menor de materiais de construção (rejeitos ou materiais de empréstimos);
- Pode ser construída em topografias acidentadas.

Desvantagens:

- Baixa segurança relacionada ao alteamento ser realizado sobre materiais previamente depositados e não consolidados;
- Normalmente, o material descarregado não é compactado, diminuindo assim a resistência ao cisalhamento;
- Susceptibilidade à liquefação por sismos naturais ou por vibrações decorrentes de desmontes por explosivos ou movimentação de equipamentos mecânicos;

- Rupturas por percolação e piping também são possíveis devido à pequena distância entre a lagoa de decantação e o talude de jusante.

3.6.1.2 Método de Jusante

Neste método, é construído um dique inicial normalmente de solo ou enrocamento compactado. Esse dique deverá ser impermeabilizado, possuindo drenagem interna composta por filtro inclinado e tapete drenante. O talude de montante, quando for realizado o alteamento, deverá também ser impermeabilizado. A impermeabilização do talude de montante e a drenagem interna são opcionais, tornando-se desnecessárias caso os rejeitos possuam características de alta permeabilidade e ângulo de atrito elevado.

De acordo com KLOHN (1981), as vantagens envolvidas no processo de alteamento para jusante consistem no controle do lançamento e da compactação, de acordo com técnicas convencionais de construção; nenhuma parte ou alteamento da barragem é construída sobre o rejeito previamente depositado; além disso, os sistemas de drenagem interna podem ser instalados durante a construção da barragem, e prolongados durante seu alteamento, permitindo o controle da linha de saturação na estrutura da barragem e então aumentando sua estabilidade; a barragem pode ser projetada e subseqüentemente construída apresentando a resistência necessária ou requerida, inclusive resistir a qualquer tipo de forças sísmicas, desde que projetadas para tal, já que há a possibilidade de seguimento integral das especificações de projeto.

A figura 3.6 mostra o esquema de construção de barragem pelo método de jusante.

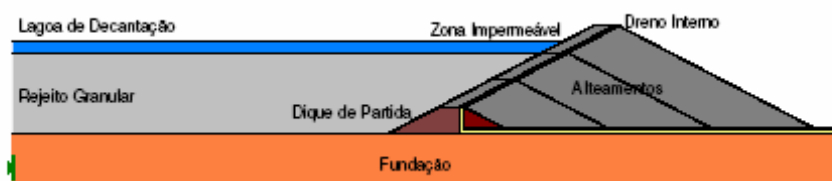


FIGURA 3.6: Esquema de construção de barragem pelo método de jusante (ALBURQUEQUE FILHO, 2004).

Segundo ASSIS e ESPOSITO (1995) o método de jusante apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens:

- Operação bastante simplificada;
- Possibilita a compactação de todo o corpo do barramento;
- Método eficiente para controle das superfícies freáticas, pela construção de sistemas contínuos de drenagem;
- Menor susceptibilidade a sismos naturais, devido a compactação realizada;
- Maior segurança devido aos alteamentos controlados, diminuindo a probabilidade de ocorrência de piping e de rupturas horizontais;
- O estéril pode ser utilizado como material construtivo ou misturado para realizar os alteamentos.

Desvantagens:

- Maiores custos de implantação devido à necessidade de maior volume de material;
- Por crescer a jusante a área necessária para a construção do barramento é muito maior;
- Necessita de sistemas de drenagem eficientes, havendo probabilidade de colmatação;
- Não é possível cobrir com vegetação o talude a jusante, instabilizando o corpo da barragem.

3.7 Espessadores

O espessador é um equipamento mecânico criado exclusivamente para recuperar água e adensar produtos, lamas e rejeitos para serem vendidos ou dispostos em barragens respectivamente. Tendo como principal fator de funcionamento, a velocidade de sedimentação das partículas, o espessador consiste em um tanque de grande diâmetro e fundo cônico, com um sistema mecânico rotativo de raspagem desse fundo. A polpa é alimentada no centro do espessador através de tubulação, quando então se inicia o

processo de sedimentação do material sólido, enquanto a fase líquida (água) se mantém na superfície. Deste modo, na região superficial predomina a solução clarificada (água), enquanto nas regiões profundas aumenta a concentração de sólidos. A água clarificada sai do espessador pelo vertedouro, na borda ao longo do transbordo do espessador. À medida que gira, o braço raspador promove o direcionamento do material sólido decantado para o centro e para o fundo do espessador, onde existe a saída da polpa contendo o material sólido adensado, isto é, com elevada porcentagem de sólidos.

A água, com pouquíssimo ou nenhum sólido é recolhida por uma calha que circunda o equipamento e a destina para uma caixa de armazenamento de água recuperada.

Além de recuperar água, o espessador tem como função adequar a polpa para atividades subseqüentes no processo de tratamento de minérios. Polpas são alimentadas ao equipamento com porcentagens de sólidos que variam de 1 a 50%, e são espessadas até alcançar 10 a 75%. A água recuperada, comumente alcança concentração de sólidos da ordem de ppm.

Os espessadores podem ser classificados em:

- Espessadores convencionais;
- Espessadores de alta capacidade;
- Espessadores de alta densidade (normalmente verticalizados e utilizados para rejeitos);

A figura 3.7 mostra esquematicamente o funcionamento de um espessador convencional.

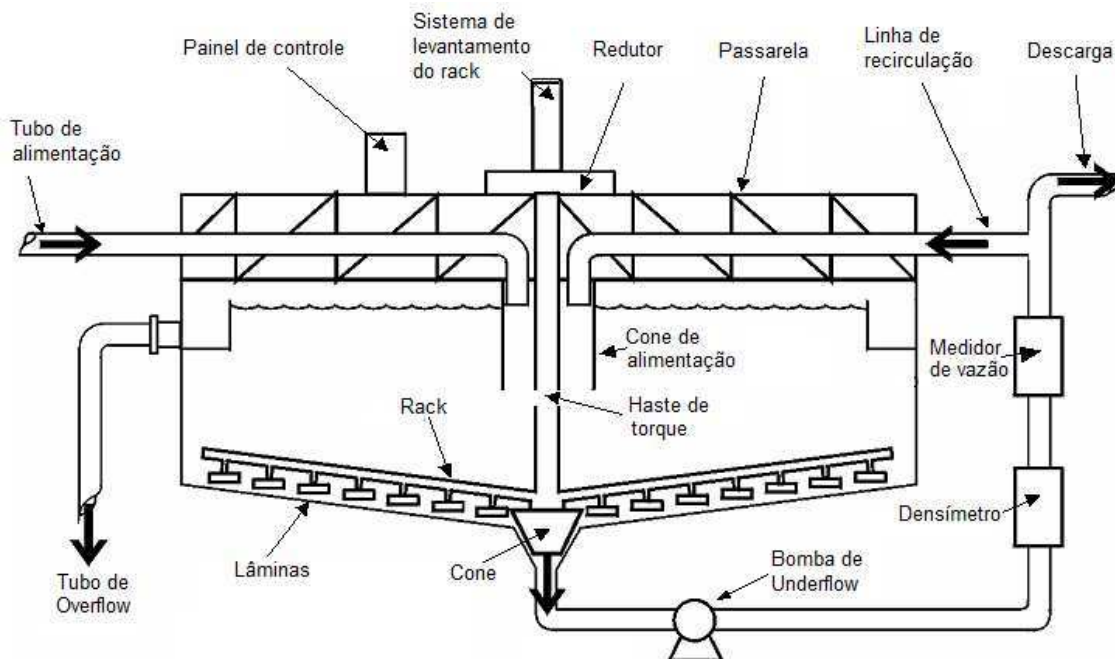


FIGURA 3.7: Composição de um espessador (DELKOR, 2010)

De acordo com LUZ (2002) o funcionamento adequado de um espessador requer uma corrente de líquido clarificado isenta de sólidos e, para que isso aconteça, é necessário que a velocidade ascensional de líquido clarificado seja menor do que a velocidade de sedimentação dos sólidos, para que não ocorra o arraste dessas partículas.

A capacidade do espessador é a medida do volume de suspensão que pode ser tratado por unidade de tempo, para a obtenção de um espessado com características pré-determinadas, para isso é necessário que o cálculo da capacidade seja feito para toda a faixa de concentrações de sólido existente dentro do espessador, desde a concentração de alimentação até a concentração desejada para o material espessado. O valor mínimo de capacidade é que deverá ser utilizado nos cálculos de projeto do espessador.

Para aumentar a qualidade da água clarificada, diminuindo a quantidade de sólidos suspensos e com isso vários outros parâmetros associados, torna-se necessária nas operações de espessamento a utilização de coagulantes ou floculantes. Além disso, esta utilização induz a reduzir as dimensões dos espessadores já que aumenta a velocidade de sedimentação das partículas.

Para adequar a água as características físicas e químicas necessárias para processo, algumas correções são feitas nas caixas de água recuperada dos espessadores, ou nos próprios equipamentos. É comum nas operações das usinas de beneficiamento que o pH

e alguns outros parâmetros de qualidade da água, sejam ajustados de acordo com o que se espera atingir.

3.7.1 Espessadores Convencionais

Os espessadores convencionais, geralmente são alimentados por uma caixa de alimentação destinada a impedir que a polpa não cause tanta turbulência quando alimenta o equipamento. Isso faz com que a sedimentação das partículas já contidas no equipamento não seja comprometida pela energia cinética que a polpa possui.

O equipamento é construído com o diâmetro maior do que a altura, e sua base inferior deve ser inclinada para possibilitar o arraste da polpa pelos braços raspadores até o orifício encontrado no centro.

Caso o espessador tenha diâmetro menor do que trinta metros, o mecanismo de giro dos braços e pás pode ser apoiado em uma viga ou ponte. Para equipamentos que possuam o diâmetro maior do que trinta metros, a instalação de uma coluna central é necessária para suportar o mecanismo de giro, que dependendo do torque que atingir, deve ser elevado por cabos de aço para evitar maiores danos.

A concentração de sólidos atingida no underflow varia de acordo com o tipo de minério espessado, utilização de floculante, porcentagem de sólidos na alimentação do equipamento.

A tabela 3.3 apresenta dados de referência para o dimensionamento de espessadores convencionais retirados da prática industrial ou de ensaios realizados em planta piloto ou equipamentos de bancada.

Pode-se constatar na tabela 3.3 variações grandes em relação à área unitária de sedimentação para diferentes tipos de minério. A área unitária de sedimentação é no caso o principal parâmetro utilizado para dimensionar o equipamento. Caso este parâmetro não seja adequado, o espessador pode apresentar problemas para alcançar a clarificação desejada da água, o que aumentará o custo operacional já que esse fator deverá ser corrigido com a adição de floculantes. A adição de floculantes não garantirá a adequação do efluente caso o erro de projeto seja significativo.

TABELA 3.3: Dados de referência para dimensionamento de espessadores (VALADÃO e ARAÚJO, 2007)

Espessadores tipo B (de ponte)			
Tamanho Padrão - diâmetro x altura (m)	Área de Sedimentação (m ²)	Rotação dos braços (rpm)	
3 a 5 x 2,5	20,1	0,50	
5,5 a 7 x 2,5	45,2	0,33	
8 a 12 x 2,5	125,7	0,26	
14 a 17 x 3,0	-	0,145	
18 a 26 x 3,5	-	0,10	
27 a 31 x 4,5	-	0,08	
Espessadores tipo C (coluna central)			
Tamanho Padrão - diâmetro x altura (m)	Área de sedimentação (m ²)	Rotação dos braços (rpm)	
23 a 26 x 2,5	441,8 - 567,5	0,10	
27 a 31 x 3,5	636,2 - 785,4	0,08	
32 a 41 x 4,5	865,9 - 1431,4	0,065	
43 a 52 x 5,0	1539,4 - 2269,8	0,05	
53 a 61 x 5,5	2405,3 - 3141,6	0,04	
65 a 100 x 7,0	3318,3 - 7854	0,04	
Valores estimados para projeto			
	Alimentação (% sólidos)	Underflow (% sólidos)	Área unitária (m ² /t/dia)
Alumina, lama vermelha-Bayer - primário	3 - 4	10 - 25	2 - 5
Alumina, lama vermelha-Bayer - lavadores	6 - 8	15 - 25	1 - 4
Alumina, lama vermelha-Bayer - final	6 - 8	20 - 35	1 - 3
Carvão - rejeito	0,5 - 6	20 - 40	-
Carvão - finos limpos	-	20 - 50	-
Carvão - meio denso (magnesita)	20 - 30	60 - 70	-
Hidróxido de Mg de salmoura	8 - 10	25 - 50	6 - 10
Hidróxido de Mg água do mar - primário	2 - 3	15 - 20	10 - 26
Hidróxido de Mg água do mar - lavadores	5 - 10	20 - 30	10 - 15
Metais			
Concentrados de cobre	15 - 30	50 - 75	0,2 - 0,6
Rejeitos de cobre	10 - 30	45 - 65	0,04 - 1
Concentrados finos de minério ferro	20 - 35	60 - 70	0,004 - 0,008
Concentrados grossos de minério de ferro	25 - 50	65 - 80	0,002 - 0,005
Rejeitos de minério de ferro	1 - 10	40 - 60	0,4 - 1
Concentrados de chumbo	20 - 25	60 - 80	0,2 - 0,6
Resíduos de lixiviação de manganês	0,5 - 2	5 - 9	10 - 20
Concentrados de molibdênio	10	30	1 - 1,5
Concentrados scavenger de molibdênio	8	40	0,5
lamas de molibdênio	-	50 - 60	1 - 1,5
Resíduos de lixiviação de níquel	10 - 25	50 - 60	0,5 - 1,5
Concentrados de sulfetos de níquel	3 - 5	65	0,5 - 2
Concentrados de zinco	10 - 20	50 - 60	0,3 - 0,7
Potássio - sais de cristalização	10 - 25	35 - 50	-
Potássio - lamas	1 - 5	6 - 25	4 - 20
Urânio - minério lixiviado em ácido	10 - 30	45 - 65	0,15 - 0,6
Urânio - minério lixiviado em alcalis	20	60	1
Urânio - precipitado	1 - 2	10 - 25	5 - 12,7

3.7.2 Espessadores de Alta Capacidade

Os espessadores de alta capacidade têm maior produção por área unitária, ou seja, se tiverem o mesmo diâmetro dos espessadores convencionais eles têm poder para espessar mais toneladas de material.

Os espessadores de alta capacidade são equipamentos como os convencionais mas que tiveram alguma intervenção estrutural, seja na caixa alimentadora, que pode servir como um tanque de mistura rápida de floculante, seja no braço raspador que pode ser repotenciado.

A caixa de retirada de ar mostrada na figura 3.8, serve para minimizar arraste de sólidos causados pela turbulência quando a polpa é alimentada no equipamento. A adição de floculante através de vários pontos localizados na linha de alimentação é outro grande benefício desse tipo de equipamento, já que assim promove a floculação, aumentando a velocidade de sedimentação dos aglomerados de partículas.

Dessa forma o espessador de alta capacidade consegue desaguar maior quantidade de concentrado ou rejeito com um diâmetro igual ao espessador convencional.

3.7.3 Espessadores de Alta Densidade

Normalmente os espessadores de alta densidade são instalados em minas subterrâneas pela restrição de espaço que essas apresentam. No Brasil, ainda não existem espessadores de alta densidade industriais instalados em plantas de beneficiamento de minério. Algumas unidades piloto estão sendo analisadas e provavelmente em alguns anos, esse equipamento deverá ser mais utilizado em escala industrial pelas mineradoras.

A maior restrição de utilização desse tipo de mecanismo de recuperação de água é o seu custo, que chega a ser 3 vezes maior do que um espessador convencional capaz de tratar a mesma quantidade de material. Em compensação, com a utilização desse equipamento, torna-se desnecessária a implantação de barragem de rejeitos, já que o material nele adensado pode seguir diretamente para empilhamento caso não possua características tóxicas. Isso reduz drasticamente o custo operacional de uma usina, o que

pagará o investimento inicial necessário para a instalação do equipamento em poucos meses. Mesmo assim, as mineradoras no Brasil ainda preferem a utilização de outros tipos de espessador.

O espessador de alta densidade ou espessador de pasta é caracterizado por reduzido diâmetro e altura elevada. Enquanto os espessadores convencionais atingem de 5 a 10 metros de altura, os espessadores de alta densidade chegam a atingir 30 metros de altura. Isso possibilita que o seu diâmetro seja reduzido.

Esse equipamento apresenta maior redução na porcentagem de sólidos maior, se comparado aos outros tipos de espessadores, reaproveitando assim maiores vazões de água. A polpa oriunda desse tipo de espessador forma uma pasta mineral, que se apresenta como um material homogêneo não aparentando drenagem significativa de água.

Esse material pastoso ilustrado pela figura 3.8 pode ser empilhado como produto ou rejeito e pode servir para preenchimento de cavas. Em alguns casos a polpa originada no espessador de alta densidade é misturada ao cimento e preenche cavas exauridas de minas subterrâneas, não produzindo maiores impactos ambientais visíveis.



FIGURA 3.8: Aspecto da pasta oriunda de espessadores de alta densidade (WESTECH, 2008).

3.8 Filtragem

Neste item serão apresentados equipamento mecânicos utilizados pela indústria mineradora para recuperar água através de filtros que formem tortas desaguadas, sejam elas de concentrado ou de rejeitos.

A filtragem de suspensões sólido-líquido pode ocorrer basicamente de duas formas distintas: na primeira, a colmatação, a suspensão percola uma matriz porosa rígida que retém as partículas sólidas e, na segunda, estas partículas se acumulam no exterior do meio filtrante, resultando na formação da torta.

Em relação à qualidade da água recuperada pelos tipos de filtros que serão descritos a seguir podemos afirmar, em decorrência do observado em práticas industriais, que mecanismos de pós-tratamento deverão ser utilizados objetivando uma melhora nos parâmetros físico-químicos e biológicos. É fato dentro da indústria mineral que a água

oriunda desses tipos de filtro não apresenta remoção de sólidos suspensos adequados, produzindo assim uma água usualmente turva e inadequada para certas utilidades.

A figura 3.9 mostra um fluxograma de filtros com os processos de pós- tratamento.

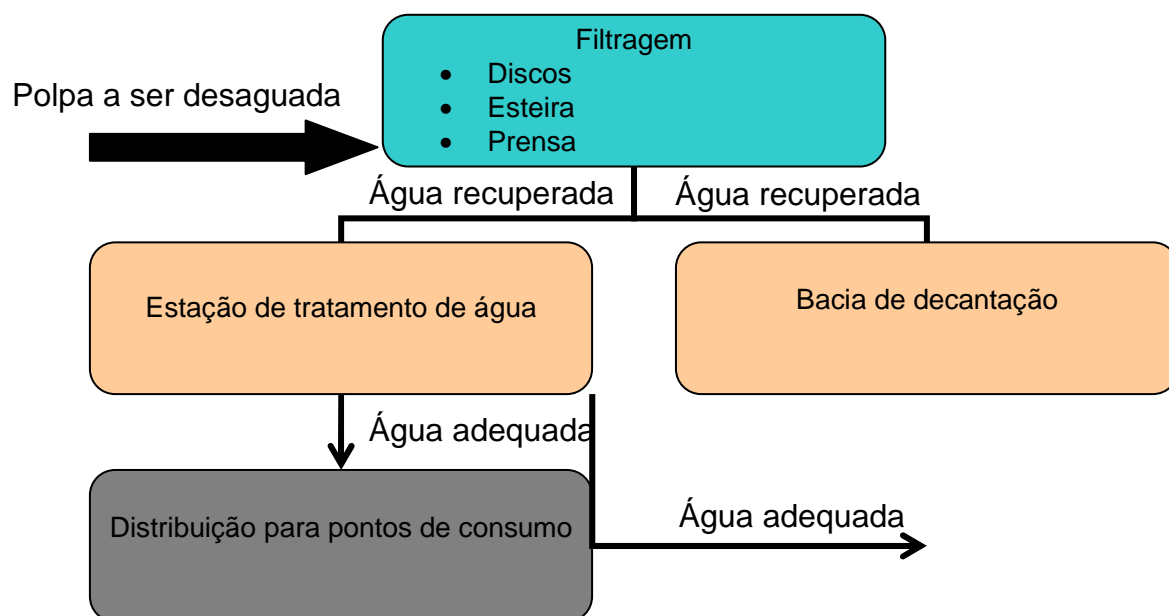


FIGURA 3.9: Fluxograma de filtros associados a pós-tratamentos (ECM, 2008).

3.8.1 Filtros de Disco a Vácuo

Os filtros de disco a vácuo são os filtros mais utilizados na indústria de bens minerais brasileira, por apresentarem baixos custos de instalação e manutenção. Apesar disso, o sistema de vácuo desses filtros de grande porte necessita de bombas de vácuo com potências elevadas, construções robustas e espaço relativamente grande. Isso aumenta muito o custo operacional destas instalações, especialmente se o beneficiamento não ocorrer em escala de milhões de toneladas por ano.

A operação do filtro rotativo a vácuo caracteriza-se por produzir tortas de pequena espessura e quantidades razoáveis de água contida.

A filtração ocorre por ação capilar criada por vácuo, que drena a água e retém os sólidos no elemento filtrante formando assim a torta. Formada a torta durante o contato disco-polpa, seguem-se as seguintes operações ao longo de uma rotação do filtro:

1. A formação da torta ocorre quando o tecido filtrante entra em contato com a polpa, na bacia de polpa que existe na parte inferior do filtro. A ação capilar cria um vácuo forte o bastante para succionar o líquido presente na polpa e acumular os sólidos no elemento filtrante;
2. A secagem da torta ocorre quando os discos giram e a ação capilar continua removendo todo o líquido livre dos sólidos;
3. Raspadores, ou sopradores durante o giro dos discos, instalados na outra extremidade da bacia retiram a torta que é descarregada sobre um transportador de correia que transportará o material para empilhamento;
4. A retrolavagem é feita com o intuito de remover a torta residual que porventura tenha ficado aderida no elemento filtrante. Além de aumentar a eficiência operacional do disco, isso promove vida útil longa e livre de problemas.

A seguir na figura 3.10, apresenta um esquema que ilustra as etapas descritas acima:

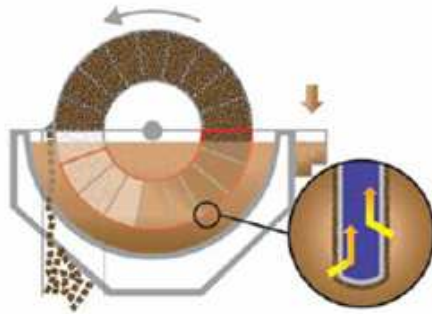
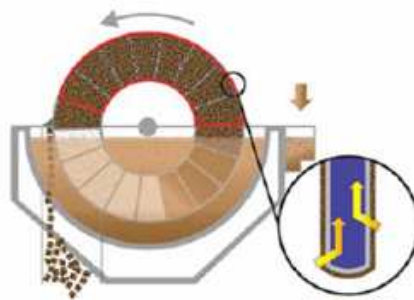
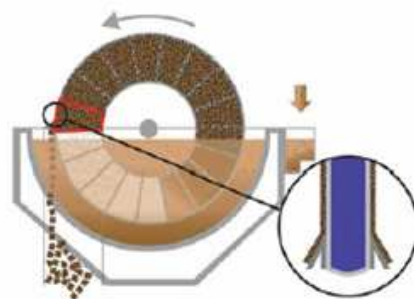
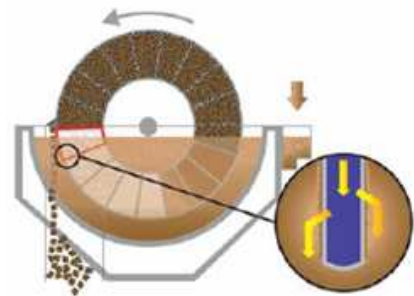
1 - FORMAÇÃO DE TORTA**2 - SECAGEM DA TORTA****3 - DESCARGA DA TORTA****4 - RETROLAVAGEM**

FIGURA 3.10: Etapas de funcionamento do filtro de disco á vácuo (G.E.S, VALADÃO, 2010).

3.8.2 Filtros de Esteira

Segundo a empresa RPA Process (2004), o filtro tipo esteira funciona com o mesmo princípio do filtro de disco á vácuo, ou seja, utiliza a ação capilar provocada por vácuo para drenar o líquido e agregar os sólidos na correia que neste caso serve como elemento filtrante.

Os filtros de esteira apresentam grande aplicabilidade em indústrias de vários segmentos, é o filtro mais utilizado industrialmente por ser apto a desaguar grandes volumes, ter fácil manutenção e ser resistente à materiais corrosivos. Na indústria mineraria nacional, esse tipo de filtro é pouco utilizado atualmente por possuir certas restrições a materiais muito finos. Eles podem operar com porcentagens de sólidos em uma faixa mais ampla e com polpas heterogêneas.

O filtro funciona de forma contínua com uma esteira rotativa que recebe a polpa de forma uniforme por uma caixa devidamente instalada. A esteira é o suporte do elemento filtrante, e possui perfurações em vários pontos para que o líquido drenado escorra e seja destinado as canaletas de coleta. Após coletado o líquido segue para caixas por gravidade e de lá é recirculado para o processo nas usinas.

A torta formada pelo vácuo é então transportada até a extremidade oposta à alimentação, de onde é retirada com o auxílio de um raspador e destinada a um transportador de correia. Após a curva de descarga do material, a esteira é lavada em contracorrente.

Se comparado ao custo de implantação de um filtro de disco á vácuo o filtro de esteira chega a custar 2 a 3 vezes mais do que o concorrente.

As particularidades apresentadas na operação desse tipo de filtro são apresentadas na figura 3.11, onde pode-se observar os mecanismos de alimentação do filtro, os roletes que movimentam a esteira, a descarga da torta, a lavagem da torta e da esteira, os tanques receptores de filtrado e as tubulações de saída das águas de lavagem.

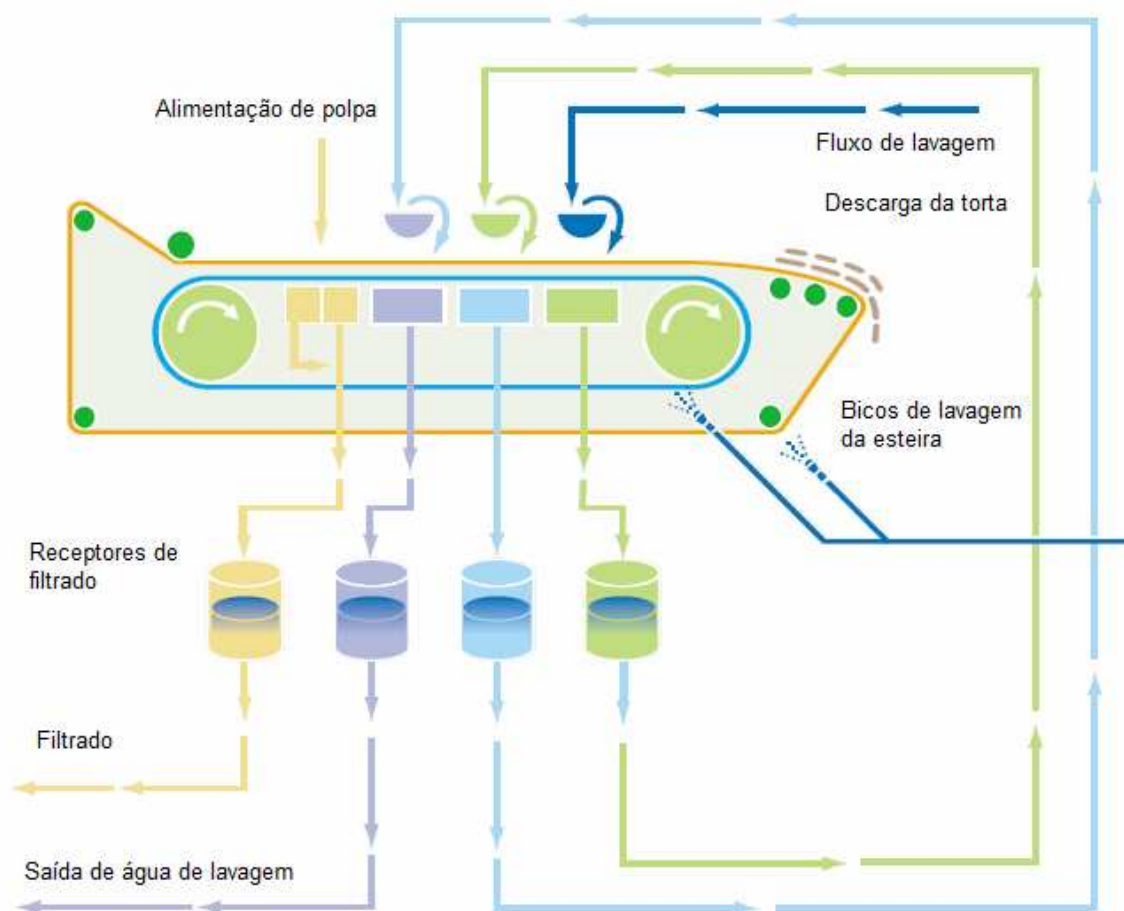


FIGURA 3.11: Esquema de funcionamento de um filtro de esteira (RPA Process, 2004).

3.8.3 Filtros Prensa

Os elementos constituintes do filtro prensa são as placas, que podem ser horizontais ou verticais, e o quadro onde são fixadas. Entre as placas encontra-se o elemento filtrante. As placas e os quadros são dispostos alternadamente formando um pacote que é prensado por um cilindro que pode ser hidráulico ou pneumático.

O processo de filtragem é realizado pelo bombeamento da polpa contra o elemento filtrante que só permite a passagem da parte líquida da solução, a qual é drenada (já isenta de sólidos) através de canais presentes nas placas filtrantes. A parte sólida vai sendo continuamente depositada nas lonas, formando sobre as mesmas uma camada cada vez mais espessa. As placas filtrantes possuem um perfil que permite às mesmas, quando montadas uma contra a outra, formarem no interior do equipamento câmaras que são completamente preenchidas pelos sólidos. O bombeamento sob alta pressão faz

com que as partículas se acomodem de forma a gerar no final do processo tortas compactas e com baixo nível de umidade. Com a abertura do equipamento, estas “tortas” são retidas para descarte ou reaproveitamento.

Este é um equipamento que funciona por bateladas, diferente dos filtros de disco a vácuo e filtros de esteira citados anteriormente.

O seu desempenho pode ser expresso pelo volume de filtrado (V_f) produzido no tempo total de um ciclo completo, tempo de filtração (t_f), tempo de lavagem da torta (t_l) e tempo de dismantelamento, limpeza e montagem do filtro (t_d).

$$P = V_f / (t_f + t_l + t_d)$$

Esse filtro apresenta a formação de tortas mais espessas, alcançando cerca de 2,5 a 4 cm de espessura.

A seleção correta dos elementos filtrantes, da bomba de alimentação, aliados às características particulares de cada processo, permitem atingir rendimentos de separação surpreendentes, se comparados a outros tipos de filtros.

Em relação ao custo, esse tipo de filtro chega a ser de 3 a 4 vezes mais caro do que um filtro de disco a vácuo do mesmo porte.

A figura 3.12 mostra o princípio de funcionamento de um filtro prensa.

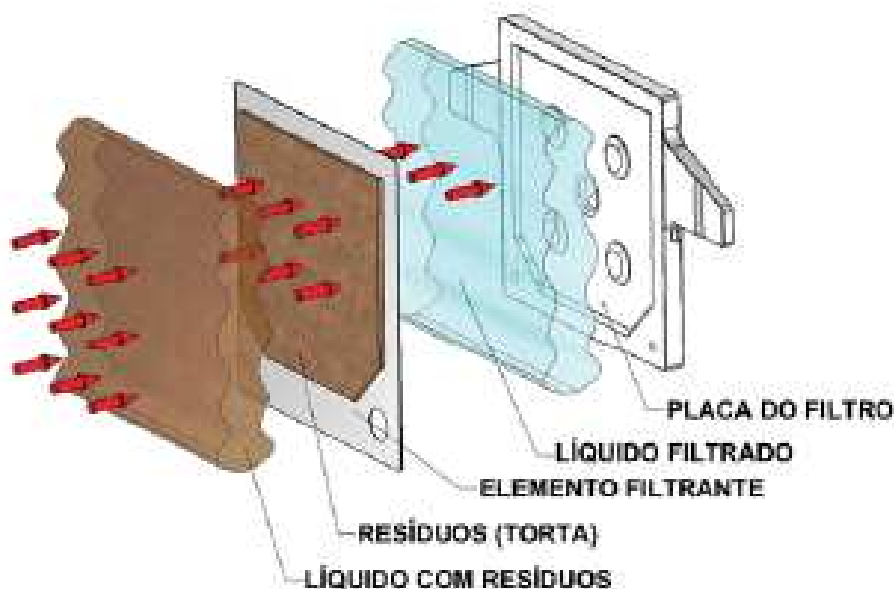


FIGURA 3.12: Esquema de funcionamento de um filtro prensa (BOMAX, 2010).

Alguns fatores são de altíssima relevância na hora do dimensionamento de um filtro prensa, como:

- Velocidade de sucção na filtração: a velocidade de sucção do fluido a ser filtrado proporciona o que chamamos de efeito de arraste dos sólidos. Desta forma quanto maior for a velocidade de sucção maior será o arraste e melhor será o processo de filtração.
- Velocidade de passagem pelo elemento filtrante: a velocidade de passagem do fluido a ser filtrado pelo elemento filtrante influencia na capacidade de retenção dos sólidos por parte do elemento filtrante. Desta forma quanto maior for a velocidade de passagem menor será a retenção de partículas sólidas.
- Área filtrante: Interfere diretamente na pressão e na velocidade. Quanto maior for a área filtrante menor será a velocidade de passagem e menor a pressão do sistema. Desta forma concluímos que quanto maior for a área de passagem melhor será o processo de filtração.

3.9 Estações de Tratamento de Água Convencionais

Segundo a empresa (ALCON QUÍMICA LTDA, 2008) o tratamento de água tem como objetivo remover partículas que causam turbidez e cor bem como eliminar os microorganismos patogênicos presentes na água.

As estações de tratamento de água – ETA estão presentes em quase a totalidade das plantas de tratamento de minérios no Brasil. Elas são utilizadas para potabilizar água para consumo humano, adequar a água bruta para os usos na planta e tratar as águas recuperadas em mecanismos anteriores (barragens de rejeitos, filtros, etc) para que atinjam parâmetros de qualidade necessários para a reutilização.

Quando associada a outros instrumentos de recuperação de água, a ETA serve como polimento de parte da vazão recuperada nos espessadores, filtros e barragens que seguirá para usos mais restritivos na planta de beneficiamento. Como exemplo disso podemos citar a água utilizada para resfriamento de equipamentos mecânicos que deve possuir valores mais baixos de turbidez (cerca de 2,0 UNT – Unidades nefelométricas de turbidez) diminuindo a encrustação em tanques, tubulações e válvulas do sistema.

O tratamento de águas consiste na remoção das partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, sais férricos, e outras substâncias que possam prejudicar os processos de concentração dos minérios.

A análise que normalmente define qual tipo de tratamento a ser utilizado é realizada por profissionais especializados, normas técnicas e por práticas industriais consolidadas e deve ser baseada nas seguintes premissas:

- Características da água bruta;
- Custo de implantação, operação e manutenção do sistema;
- Flexibilidade operacional;
- Qualidade necessária para a água tratada.

A figura 3.13 mostra uma estação de tratamento de água convencional.

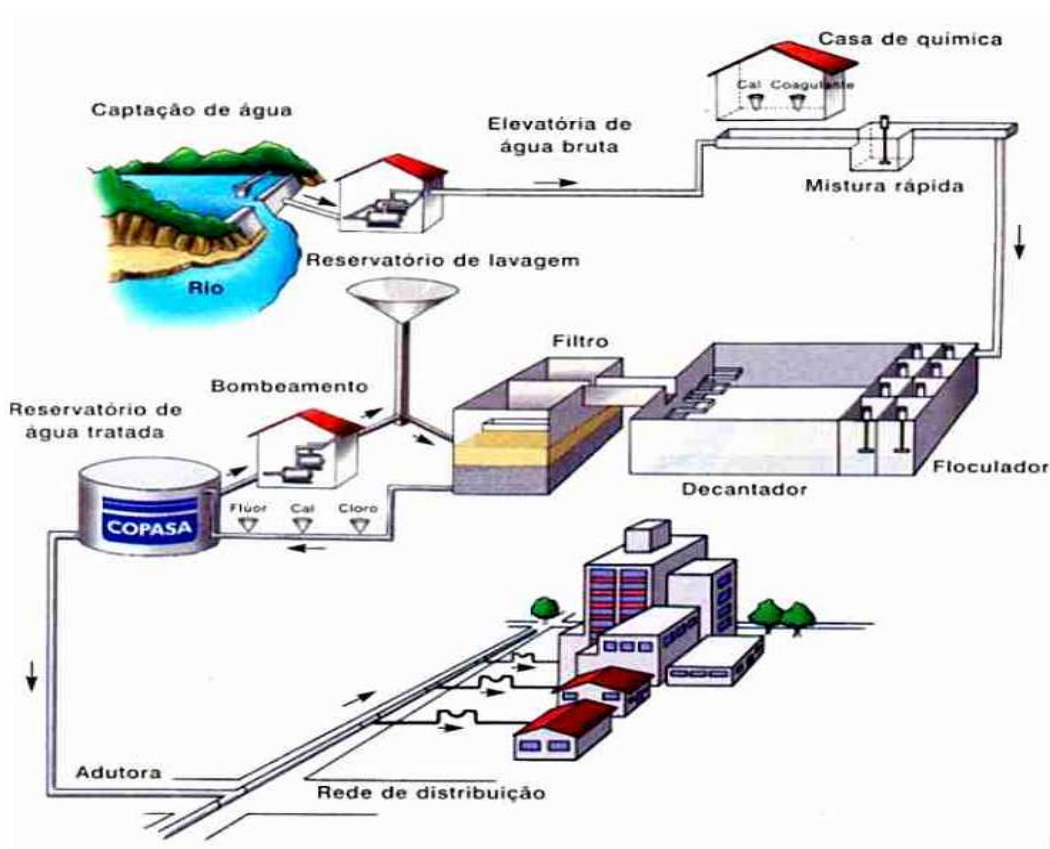


FIGURA 3.13: Estação de tratamento de água convencional

(www.portalsaofrancisco.com.br).

3.9.1 Aeração

Uma ação preventiva e corretiva, a oxidação do ferro e do manganês presente nas águas recirculada, é essencial. Já que essa água servirá como suprimento de água com boa qualidade (resfriamento e selagem de bombas) ela deverá conter mais requisitos de tratamento do que águas puramente utilizadas para processo.

Para oxidar elementos como ferro, manganês pode-se utilizar torres de aeração natural, aeração forçada, tanques aeradores com difusores, ou qualquer outro tipo de aeração mecânica. Esses mecanismos forçarão a entrada de ar no fluxo de água, aumentando a disponibilidade de oxigênio dissolvido que é o principal fator na oxidação desses elementos.

O mais utilizado é o sistema por aeração natural, instalado em local aberto, que possibilita a ventilação natural nas instalações. Esta configuração é composta de uma torre de aeração aberta com bandejas sobrepostas que produzem a turbulência natural do fluxo com o auxílio de gravidade.

Sua instalação ao ar livre é condição intrínseca para seu melhor desempenho. Seu custo inicial é baixo, sua necessidade de espaço é razoável comparada à estação de tratamento de água como um todo. A manutenção é extremamente simples, sendo que o leito de carvão deve ser substituído periodicamente.

3.9.2 Coagulação

A coagulação é provocada por agentes coagulantes (sulfato de alumínio, cloreto férrico, sulfato férrico) dosados na água com o intuito de desestabilizar partículas de sólidos suspensos. Desestabilizados, esses sólidos se colidem formando então os flocos que posteriormente podem ser sedimentados em unidades propícias para isso.

Normalmente em estações de menor porte, o processo de coagulação acontece na unidade de mistura rápida. A eficiência desta etapa de tratamento influi diretamente na eficiência de remoção de sólidos suspensos de toda a estação de tratamento.

De acordo com LIBANIO (2005) diversos fatores haverão de intervir em maior ou menor monta no processo de coagulação. Embora não existam hierarquias absolutas em

termos de coagulação, dentre os principais fatores intervenientes, destacam-se o tipo do coagulante, o pH e a alcalinidade da água, a natureza e a distribuição dos tamanhos das partículas de cor e turbidez e a uniformidade de aplicação dos produtos químicos na massa líquida.

De acordo BARREDA (2008) a coagulação tem por objetivo agregar as partículas que se encontram em suspensões finais (ou em estado coloidal) e algumas que se encontram dissolvidas, em partículas maiores que possam ser removidas por decantação ou filtração. Este processo de agregação ocorre devido à duas ações distintas:

- Desestabilização: por adição de produtos químicos, são reduzidas ou neutralizadas as forças elétricas repulsivas presentes nas superfícies das partículas.
- Agregação das partículas formando agregados (coágulos) que sedimentam a uma velocidade maior. Esta agregação é facilitada pela agitação.

Os reagentes utilizados no processo de coagulação são agrupados em três categorias:

- Coagulantes: compostos, geralmente de ferro ou alumínio. Capazes de produzir hidróxidos gelatinosos insolúveis e englobar as partículas ou impurezas.
- Alcalinizantes: capazes de conferir a alcalinidade necessária à coagulação (cal viva – óxido de cálcio; hidróxido de cálcio; hidróxido de sódio – soda caustica; carbonato de sódio – barrilha).
- Coadjuvantes: capazes de formar partículas mais densas e tornar os agregados mais pesados (argila, sílica ativa, polieletrólitos.).

Algumas propriedades dos coagulantes são:

- Reagem com álcalis produzindo hidróxidos gelatinosos que envolvem e adsorvem impurezas (redução de turbidez).
- Produzem íons trivalentes de cargas elétricas positivas, que atraem e neutralizam as cargas elétricas dos colóides que, em geral são negativas (remoção de cor).

O sulfato de alumínio e o sulfato ferroso são os coagulantes mais empregados. Os fatores principais que influenciam o processo de coagulação são a espécie de coagulante, características químicas da água, temperatura, agitação entre outros. Com a crescente ênfase na qualidade da água em toda a indústria mineira, os sistemas para o tratamento das águas são cada vez mais comuns usando as combinações de floculantes e coagulantes.

3.9.3 Unidade de Mistura Rápida

Ainda segundo LIBANIO (2005) para promover a aplicação adequada de coagulantes, a unidade de mistura rápida torna-se necessária fomentando a mistura do produto químico na água.

A mistura rápida pode ocorrer mecanicamente ou hidraulicamente, conferindo o gradiente de velocidade e o tempo de detenção adequados. De acordo com a necessidade do cliente, o tanque de mistura rápida deve ser locada próxima a casa de química para impedir possíveis entupimentos na tubulação de coagulantes e alcalinizantes.

Em relação ao custo global do investimento de instalação de uma unidade de tratamento de água, a unidade de mistura rápida é quase desprezível alcançando cerca de 1 a 2% do total.

3.9.4 Floculação

Totalmente relacionada com a coagulação, à floculação é a etapa onde condições adequadas fomentam a formação dos flocos que serão sedimentados em etapas subseqüentes. A floculação é importante para não aumentar a afluência de partículas suspensas nas unidades filtrantes, provocando assim a diminuição de sua eficiência e da sua carreira de filtração.

Segundo OLIVEIRA e LUZ (2001) na floculação, o peso molecular dos polímeros (floculantes) governa o desempenho do processo, principalmente no que se refere à aparência do floco e à taxa de sedimentação. Para que a floculação seja eficiente, sugere-se que o tamanho do polímero seja superior à espessura da dupla camada

elétrica, o que é mais comum para polímeros de alto peso molecular. Cabe ressaltar que polímeros com peso molecular acima de 10^7 tornam o processo de preparação de solução muito difícil e, portanto, sua seleção deve ser evitada. Tendo em vista que o mecanismo associado à floculação refere-se à formação de pontes entre as partículas, os floculantes podem ser catiônicos, aniônicos ou neutros.

LIBANIO (2005) defende que a menção aos mecanismos intervenientes na floculação, refere-se à forma como o transporte das partículas desestabilizadas realiza-se para a formação dos flocos. De acordo com o autor, o mecanismo de transporte predominante será função das dimensões das partículas desestabilizadas e da progressiva formação e crescimento dos flocos.

Não só a coagulação, como também o gradiente de velocidade e o tempo de detenção são fatores que interferem na boa eficiência na etapa de floculação.

Ensaio com a água que deverá ser tratada deverão ser realizados para se determinar os valores de tempo de detenção e gradiente de velocidade a serem aplicados.

Para a NBR 12.216 (ABNT, 1992), caso não seja possível a realização de ensaios, o gradiente de velocidade máximo deverá ser de 70 s^{-1} no primeiro compartimento e de 10 s^{-1} , no mínimo, no último compartimento.

Já os tempos de detenção para as unidades de floculação hidráulicas e mecanizadas devem ser de 20 a 30 minutos e de 30 a 40 minutos, respectivamente.

As unidades flocladoras devem ter no mínimo três compartimentos subdivididos por cortinas ou paredes, se forem mecanizadas, e devem possuir dispositivo de alteração do gradiente de velocidade em pelo menos 20%. Deverão também ser providos de inclinação mínima de 1% e maior parte de superfície livre exposta facilitando o monitoramento do processo. Normalmente para estações de tratamento de pequeno porte, os flocladores são construídos em tanques cilíndricos, o que diminui a possibilidade de ocorrência de zonas mortas.

3.9.5 Decantação

Segundo (GUIMARÃES, 2007) no floclador, mecânica ou hidraulicamente a água é agitada em velocidade controlada para aumentar o tamanho dos flocos para, em seguida, a água passar para os decantadores, onde os flocos maiores e mais pesados possam se depositar. Essas águas, ditas flocladas, são encaminhadas para os decantadores, onde após processada a sedimentação, a água já decantada (o sobrenadante) é coletada por calhas superficiais separando-se do material sedimentado junto ao fundo das unidades constituindo o lodo, onde predominam impurezas coloidais, matéria orgânica, hidróxido de Alumínio (ou de Ferro) e impurezas diversas.

Esses lodos são mais ou menos instáveis, dependendo principalmente da fração de matéria orgânica de que ele seja composto, e precisam ser retirados, em geral por gravidade por meio de adufas de fundo, e dispostos adequada e periodicamente. Quando se trata de água bruta de má-qualidade, especialmente por excesso de matéria orgânica, o lodo deve ser retirado antes que entre em processo de fermentação. Os processo de retirada de lodo dos decantadores podem ser mecanizados ou não. No caso de instalações de grande capacidade e que produzem grandes quantidades de lodo, ou em casos em que se deseja economizar água com o descarte do lodo, prevalecem os mecanizados. Em pequenas instalações ou onde a perda de água não é tão importante costuma-se usar o esgotamento automático pelas adufas de fundo. A saída de água pela adufa arrasta o lodo depositado.

No dimensionamento hidráulico os parâmetros principais a serem considerados são:

- Taxa de escoamento superficial, relacionando-se o fluxo com a superfície horizontal, em $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$;
- Período de detenção ou tempo de residência, em horas;
- Velocidade de escoamento, em $\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

A velocidade de água nos decantadores deve ser limitada para evitar o arrastamento de flocos, impedindo-os de serem retidos nos tanques de decantação. Quanto ao aspecto hidráulico da sedimentação devem ser considerados dois tipos de decantação:

- Decantação turbulenta ou convencional;
- Decantação laminar ou de alta taxa.

No primeiro caso, o escoamento se realiza em regime turbulento com números de Reynold acima de 2.000. Para conseguir o escoamento laminar são utilizados módulos na área de escoamento junto à saída de água, para reduzir consideravelmente o número de Reynolds. A taxa de escoamento superficial antes limitada a $30 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ atualmente, desde que seja assegurada uma boa operação, poderá elevar-se até $45 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ nos decantadores convencionais de fluxo horizontal e até $60 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$, no caso de escoamento vertical. O período de detenção em decantadores com escoamento turbulento geralmente fica compreendido entre 2,5 e 4,0 horas. A figura 3.14 mostra a vista de um decantador convencional de fluxo horizontal.



FIGURA 3.14: Decantador convencional de fluxo horizontal (GUIMARÃES, 2007).

No segundo caso pesquisas dos engenheiros buscam de novas técnicas, visando a redução dos custos de implantação, manutenção e sobretudo o aperfeiçoamento das ETA, resultaram no desenvolvimento dos módulos de decantação tubulares ou decantadores com regime laminar e também chamados de decantadores de alta taxa. Utilizando então, perfis tubulares, os projetistas têm sido muito bem sucedidos na redução do tempo de detenção da água floculada nos decantadores. No caso de decantadores com regime laminar, a taxa de escoamento pode atingir $200 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ou pouco mais, em relação à área coberta por módulos, tubos ou placas, que vão possibilitar o fluxo laminar, e o tempo de detenção se reduz à metade (Figura 3.16). Assim com a necessidade de aumento de produção de água tratada, em vez de se construir novos decantadores ou se ampliar os existentes, transformam-se os existentes em decantadores com regime laminar e a aumento de produção é resolvido com um

mínimo de investimentos. A figura 3.15 mostra o corte de um decantador de placas paralelas.

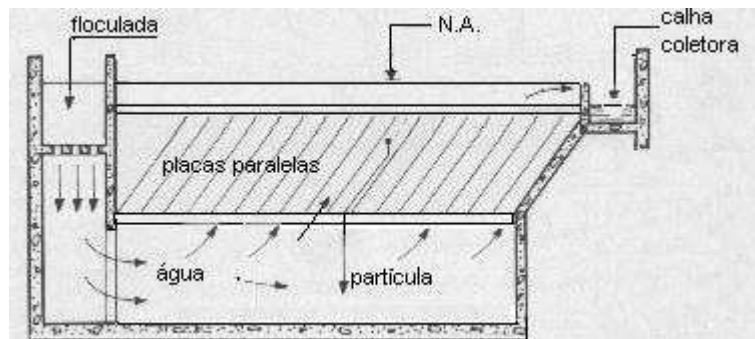


FIGURA 3.15: Corte esquemático de um decantador de placas paralelas (GUIMARÃES, 2007).

LIBANIO (2005) defende que os principais fatores limitantes à eficiência da decantação – logicamente excluindo-se os que se referem às etapas anteriores, são:

- ❖ As correntes convectivas ascensionais causadas pela insolação fazendo com que parcelas da massa líquida adquiram densidade e temperatura (viscosidade) diferentes, podendo acarretar revolvimento de flocos já sedimentados;
- ❖ Efeitos de curto-circuito reduzindo o tempo de permanência de parcela da vazão no interior da unidade;
- ❖ A desigualdade na distribuição do fluxo à entrada e na coleta da água decantada;
- ❖ A ação dos ventos capaz de ocasionar correntes superficiais que também favoreçam o arraste de flocos.

Como as ETAs instaladas nas unidades de processamento mineral são geralmente de pequeno porte, destinadas a tratar de 5 a 200 m³/h, a cobertura dos decantadores torna-se economicamente viável. Isso faz com que os efeitos da radiação solar e da força dos ventos sejam minimizados, não acarretando maiores problemas na unidade de decantação.

As unidades de decantação produzem grande parte do lodo gerado nas estações de tratamento de água. Para impedir os impactos ambientais causados pela disposição

inadequada do lodo, deverão ser instaladas válvulas de descarga no decantador com o intuito de retiradas periódicas de lodo, bombas de recirculação de lodo, e sistema de desaguamento de lodo.

Como desaguamento poderão ser utilizados filtros prensa, filtros de esteira, centrífugas, prensa desaguadora ou leitos de secagem (mais comum para pequenas estações).

3.9.6 Filtração

Segundo a descrição da empresa (Carbonífera Criciúma S.A, 2011), a filtração consiste na remoção de partículas suspensas, partículas coloidais e de microorganismos presentes na água. Isto ocorre através do seu escoamento por um meio poroso, seja ele constituído por areia, carvão antracito ou qualquer outro material granular. A ação conjunta de três mecanismos distintos, o transporte, a aderência e o desprendimento, é o responsável pela remoção da turbidez presente na água.

O mecanismo de transporte conduz as partículas suspensas para as proximidades da superfície dos coletores (meio filtrante). Na superfície, a adesão se dá por forças superficiais que são maiores do que as forças de cisalhamento, retendo partículas com diâmetros de 0,01 á 10 μm no meio filtrante. O desprendimento ocorre quando as forças de cisalhamento são maiores do que as forças de adesão. A prevalência de um ou outro mecanismo é função das características do afluente, das características da filtração (taxa de filtração, por exemplo) e dos grão que constituem o meio poroso.

A filtração pode ocorrer com ação de profundidade ou com ação superficial. No caso da filtração com ação de profundidade, a retenção das impurezas ocorre em todo meio filtrante e a carreira de filtração é máxima. Já com ação superficial, a retenção das impurezas ocorre somente na superfície (ou seja, nas primeiras camadas do meio filtrante), e a carreira de filtração é mínima. A principal diferença entre os dois mecanismos de filtração esta na uniformidade do meio filtrante. Na ação superficial, o meio filtrante possui coeficiente de uniformidade $\geq 1,7$, ao passo que na ação de profundidade o valor do coeficiente de uniformidade gira entre 1,2 á 1,4. Sobre este assunto, cita-se (DI BERNARDO, 2005): “A filtração rápida de água coagulada ou

floculada deve, preferencialmente, ser realizada com ação de profundidade, pois caso contrário gerará carreiras de filtração curtas, com baixa produção efetiva de água”.

A norma NBR ABNT 12.216 (1992), que trata do Projeto de Estações de Tratamento de Água para Abastecimento Público, descreve no item 5.12.2.1 que as taxas máximas de filtração recomendadas para a camada simples e para a camada dupla são de $180\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ e $360 \text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$, respectivamente.

A lavagem dos filtros deve ser realizada quando o aumento de perda de carga indicar que o filtro está em processo de colmatção. Para possibilitar a lavagem deverá ser instalado um reservatório de água nova, com boas características físico-químicas. É admitida a reutilização de água de lavagem, desde que submetida a pré-sedimentação e cloração intensa.

O reservatório de água de lavagem poderá ser elevado e funcionar por gravidade para unidades maiores de tratamento de água, economizando assim a utilização de energia elétrica, ou enterrado com a utilização de bombas caso a estação seja de pequeno porte. A escolha ficará a cargo do operador do sistema e basicamente é referenciada no custo operacional da estação de tratamento de água, já que a lavagem dos filtros é fato recorrente em qualquer unidade desse tipo.

Após a coleta de água filtrada, a água tratada está pronta para distribuição nos pontos de consumo da planta industrial.

4. CONCLUSÕES

Na indústria mineral, grandes volumes de água são utilizados nos processos de beneficiamento. Com o objetivo de reduzir os impactos das atividades de mineração sobre o meio ambiente, estabeleceu-se uma política de reutilização da água, uma vez que a água utilizada é composta de reagentes, micropartículas sólidas suspensas, que necessitam ser removidas para permitir a sua reutilização nas etapas de processamento ou para ser descartada sem prejuízos maior ao meio ambiente. A utilização correta da água entra definitivamente na pauta de discussão a nível global, evidenciando cada vez mais a necessidade da implantação de projetos ambientais que atendam além das indústrias as comunidades locais, assim objetivando as sustentabilidades dos recursos hídricos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1992.

ALCON – Química Ltda, Manual de Operação e Manutenção de Estação de Tratamento de Água, por Caio César Guedes de Carvalho e Maria Fátima dos Santos. Disponível em www.saaejaguare.com.br/dow_lis.aspx, Manual de Operador de Eta.pdf, publicado em 22/06/2008.

Agência Nacional de Águas (ANA). A gestão dos recursos hídricos e a mineração. Brasília: ANA; IBRAM 2006.

ALBUQUERQUE FILHO, L.H. (2004), Análise do comportamento geotécnico de barragens de rejeitos de minério de ferro através de ensaios de piezocone, Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, 191 p.

ASSIS A., ESPÓSITO, T. Construção de Barragens de Rejeito Sob uma Visão Geotécnica. Anais III Simpósio Sobre Barragens de Rejeitos e Disposição de Resíduos – REGEO, pp. 240-273. 1995.

BARRREDA, R.H.O – Tese de mestrado, Desenvolvimento de Equipamento Produtor de Pasta Mineral, Universidade Federal de Minas Gerais, publicada em 18/02/2008. Disponível em www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/MAPO-7RCJDB,

BRASIL. Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1o da Lei no 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei no 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 9 dez. 1997.

BOMAX. Catálogo Bomax do Brasil. Bombas, Tanques, Agitadores e Filtros Industriais. Pag 26, Disponível no site www.bomaxdobrasil.com.br, janeiro de 2010.

GUIMARÃES, Carvalho e Silva. Saneamento Básico, Cap 4 parte 2, pag 121 a 123, Agosto de 2007.

CRICIÚMA S.A, CARBONÍFERA. Tópicos Importantes sobre Filtração Rápida Descendente Aplicada ao Tratamento de Água Potável. Disponível em: www.carboniferacriciuma.com.br/site/doc/carbotrat/TopicosImportantesSobreFiltracao.pdf. Acesso em 25 de Março de 2011.

DELKOR DO BRASIL, Solids Solutions, Belo Horizonte, Janeiro de 2010.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D.B. Métodos e técnicas de tratamento de água. Vol.1 e vol. 2, 2ª edição, 2005.

ECM SA – Projetos Industriais, Belo Horizonte 2008.

FARIA, C. E. G. A Mineração e o Meio Ambiente no Brasil. CGEE, 2002. 14 p. Disponível em: www.em.ufop.br/.../miner_c3_a7_c3_a3o_20e_20meio_20ambiente.pdf. Acesso em 05 de Janeiro de 2011.

KLOHN, E. J. (1981). – “The development of current tailing dam design and construction methods” , In: Design and Construction of Tailing Dams, D. Wilson (ed.), Colorado School of Mines, Golden, USA.

LIBANIO, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas, SP: Editora Átomo. 2005.

LUZ, A. B., SAMPAIO, J. A., MONTE, M. B. M., ALMEIDA, S. L. (2002). Tratamento de Minérios, 3ª ed., CETEM/MCT.

MIERZWA, J.C. e HESPANHOL, I. Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, Visando ao Uso Racional e à Reutilização.

Revista Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, Vol. 4. 2000, p. 11 - 15.

NUNES, J. Tratamento Físico-Químico de águas residuárias industriais. 4ª Edição revista e ampliada. Aracaju: Gráfica Editora J.Andrade Ltda, 2004.

OLIVEIRA, A. P, LUZ A.B, Recurso Hídricos e Tratamentos de Águas na Mineração – Série Tecnologia Ambiental – Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

PORTAL, Disponível em :<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-agua/imagens/tratamento-12.jpg>. Acesso em 15 mar. 2011

RUBIO, J. F. TESSELE, P. A. Processos para o tratamento de efluentes na mineração. Em: Capítulo 16 do livro “Tratamento de Minérios 3ª Edição”; A.B. da Luz, J. A. Sampaio, M. B de M. Monte e S. L. de Almeida (Eds), CETEM-CNPq. 2002.

RPA Process Technologies. FiltersVacuum Belt Filter Systems. Referência RPF-283 BFB, 2004.

SILVA, F.A.N.G Processo de Flotação por Ar Dissolvido no Tratamento de Efluente da Indústria Mineral. Artigo 2004 JIC, p. 1-2.

VALADÃO, G. E.S e ARAÚJO, A. C Introdução ao Tratamento de Minérios. Em Capítulo 7 “Separação Sólido e Líquido” pag. 144. Belo Horizonte, Editora UFMG 2007.

VALADÃO, G.E.S; Notas de Aula do Curso de Especialização em Recursos Minerais – DEMIN: ENM 526 – Separação Sólido e Líquido. Belo Horizonte, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.