

9/04

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Salvador, Bahia, de 26 a 29 de agosto, 1986

CONTROLE AMBIENTAL NA ALUMAR, FILOSOFIA,
POLÍTICAS E RESULTADOS

AUTORES: MARCELO DRUGG BARRETO VIANNA
TARCISIO MOSCI
JOSÉ MAURICIO MACEDO SANTOS
DAVID CARMICHAEL

IMPACTOS AMBIENTAIS - TEMA 9

ALCOA ALUMÍNIO S.A.
Av. Maria Coelho Aguiar, 215 - Bloco C, 3º andar
CEP 05804 - S. Paulo, SP

II SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Salvador, Bahia, de 26 a 29 de agosto de 1986

CONTROLE AMBIENTAL NA ALUMAR
FILOSOFIA, POLÍTICAS E
RESULTADOS

RESUMO

Conforme indicado no título, o trabalho está dividido em 3 partes principais. Na primeira, é descrita de maneira geral a filosofia relativa ao controle ambiental na fábrica de alumina e alumínio do Consórcio Alumar.

A segunda parte descreve as políticas oriundas da filosofia geral, que se constituem em diretrizes básicas incorporadas ao projeto da Alumar, desde a fase de concepção básica. Estas diretrizes visam orientar o projeto de modo a adequar as instalações industriais à legislação vigente (no país e no exterior), levando em conta as características locais, de modo a evitar qualquer dano ambiental.

Ainda dentro da segunda parte, estão descritos os estudos de impacto ambiental, os levantamentos e monitoramentos antes e após a partida da fábrica e o processo de licenciamento, entre outros.

A terceira e última parte do trabalho apresenta os resultados obtidos pela aplicação das políticas acima, em termos de emissões e resultantes ambientais, sempre comparados com a legislação ambiental e às licenças de operação obtidas.

Autores: ● Marcelo Drugg Barreto Vianna, Eng^o Civil, M.Sc. Ph.D., Gerente de Engenharia Industrial, Assuntos Ambientais, Segurança e Saúde Ocupacional da Alcoa Alumínio S.A.

● Tarcisio Mosci, Eng^o Químico, Gerente de Meio Ambiente da ALUMAR

● José Maurício Macedo Santos, Eng^o Químico, Superintendente de Meio Ambiente da ALUMAR

● David Carmichael, Superintendente de Uso do Solo e Propriedade da ALUMAR

1 - CARACTERIZAÇÃO DA ALUMAR

O Consórcio de Alumínio do Maranhão -ALUMAR é constituído pelas empresas ALCOA ALUMÍNIO S.A. e BILLITON METAIS S.A., na proporção de 60 e 40% de capital respectivamente, destinado à produção de alumina e alumínio metálico no Estado do Maranhão. Devido à sua localização, está inserido no contexto do Programa Grande Carajás, tendo sido reconhecido pelo Governo Federal como de relevante interesse nacional.

As instalações do parque industrial estão localizadas no distrito de Pedriñas, a sudoeste da Ilha de São Luís. A fábrica, propriamente dita, está instalada em uma área de 1.700 Ha, às margens da rodovia BR-135, e é constituída das seguintes unidades principais:

- Porto, com capacidade para receber navios de até 50.000 t.
- Refinaria para produção de alumina a partir de bauxita, com capacidade atual de 500.000 t/ano.
- Redução, com capacidade já instalada para a produção de 245.000 t/ano de alumínio metálico.
- Outras unidades de manutenção, apoio e serviços.

Os principais insumos utilizados estão listados no Quadro 1 observando-se que o minério é proveniente da região de Trombetas e a energia elétrica é suprida pela usina de Tucuruí, ambas localizadas no Estado do Pará.

Do minério ao metal, o processo produtivo é constituído de duas etapas distintas, levadas a termo respectivamente na Refinaria e na Redução.

Na primeira etapa, o óxido de alumínio é extraído do minério por digestão a quente com solução de soda cáustica, que opera em circuito fechado. Mais adiante, a alumina hidratada pura é reprecipitada, lavada e calcinada, enquanto a soda cáustica retorna à digestão para dar início a um novo ciclo. Este processo é denominado Bayer, em homenagem ao seu descobridor Karl J. Bayer, e vem sendo utilizado industrialmente desde o final do século passado.

Na segunda etapa, a alumina calcinada é dissolvida em um banho eletrolítico constituído basicamente por fluoretos fundidos contidos em uma cuba revestida de

carbono, e decomposta pela corrente elétrica, obtendo-se então o metal na forma líquida. Os anodos, também de carbono, são consumidos pelo oxigênio gerado, devendo portanto ser substituídos periodicamente. Isto requer uma instalação à parte, para preparação e cozimento dos blocos anódicos, a partir de coque de petróleo aglomerado com piche. Este processo é denominado Hall-Hérault de anodos pré-cozidos em homenagem a seus descobridores.

2 - FILOSOFIAS E POLÍTICA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL

O Consórcio ALUMAR foi concebido, implantado e está sendo operado de acordo com o conceito global de proteção do ar, águas, solo e demais recursos naturais, entendendo que o setor industrial pode e deve constituir-se em parte integrante e ativa nos esforços para que tais objetivos sejam atingidos, procurando contribuir de maneira positiva para a qualidade de vida das comunidades e sociedades em que opera, tendo sempre em mente os impactos ambientais e econômicos sobre essas comunidades.

Baseados nessa filosofia, a proteção ambiental não é encarada apenas sob o aspecto de enquadramento à exigências legais, mas, fundamentalmente, como uma obrigação de consciência e responsabilidade de cidadania perante a sociedade.

Nesse sentido, o Consórcio ALUMAR norteia todas as suas operações em conformidade a uma política de proteção ambiental, cujo objetivo básico consiste em orientar os estudos e medidas necessárias para evitar, reduzir e acompanhar os impactos ambientais resultantes de todas as suas atividades, cujas principais diretrizes são as seguintes:

- Prevenir, controlar e monitorar as emissões resultantes da operação do empreendimento, mantendo-as em conformidade aos padrões de qualidade ambiental vigentes.
- Manter todas as instalações e procedimentos operacionais em conformidade à legislação, normas e exigências constantes nas licenças de operação e funcionamento.

- Promover treinamento e manter pessoal preparado para atuar no controle ambiental.
- Desenvolver e implementar métodos e técnicas para controlar a qualidade do ar, águas e solo, mantendo estas tecnologias disponíveis para outras empresas.
- Promover estreito contato com órgãos governamentais, universidades, centros de pesquisas e outras entidades que atuam no setor de controle e preservação ambiental e, principalmente, trabalhar e cooperar com todos os órgãos governamentais encarregados do controle da poluição.
- Promover estudos para a preparação de normas e especificações referentes ao controle da qualidade do ar, água, solo e vegetação, e assessorar as entidades do governo no intercâmbio de informações relativas ao controle ambiental e no estabelecimento de padrões e quitativos e realistas.

3 - OS ESTUDOS AMBIENTAIS EXECUTADOS PARA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DA ALUMAR

Os estudos dos aspectos ambientais decorrentes da implantação do Consórcio ALUMAR tiveram início três anos antes do começo da operação, período que possibilitou um completo diagnóstico das condições pré-existent.

O Estudo de Impacto Ambiental realizado consistiu na completa caracterização do sítio do empreendimento, seus efeitos ambientais prováveis e medidas para o controle, além de um plano global de acompanhamento dos mesmos em todas as fases, preparação do local, implantação e operação.

No Quadro 2 apresenta-se resumidamente os principais aspectos abordados no Estudo de Impacto Ambiental, o qual serviu de base para conduzir o processo de licenciamento da ALUMAR, perante o Órgão de Controle Ambiental do Estado do Maranhão - SERNAT.

Foram abordados não só os aspectos físico-biológicos, mas analisados os efeitos sobre os ecossistemas terrestres, aquáticos e sistema antrópico, além da consideração dos fatores sócio-econômicos.

Todas as fases, desde a preparação do local, implan

.4.
tação, pré-operação e operação normal, foram profundamente analisadas. No relatório de Impacto Ambiental foram detalhadas as medidas para prevenção e controle ambiental do projeto quanto a seus aspectos operacionais envolvendo a manipulação e estocagem de matérias primas, produtos gerados.

Além disso, foi planejado, em termos de localização de estações de medições, parâmetros e frequência, um completo sistema de monitoramento abrangendo a vegetação, solos, águas superficiais (doces e estuarinas), subterrâneas, pluviais, emissões (líquidas, gasosas e de resíduos sólidos) e da qualidade do ar ambiente.

Tal programa de monitoragem, iniciado antes mesmo da construção da fábrica, tem como objetivo levantar e acompanhar o maior número de informações ambientais da operação da ALUMAR, constituindo-se num dos mais completos do mundo para esse tipo de atividade.

Portanto, mesmo antes da exigência legal para execução desse tipo de estudos, introduzida pela regulamentação da Política Nacional do Meio Ambiente (Resolução CONAMA 001/86), a ALUMAR implementava, a partir de 1981, o mais completo estudo de impacto ambiental já executado para implantação de um complexo industrial no país.

4 - CONTROLE AMBIENTAL NA ALUMAR

A produção de alumínio primário envolve as etapas de produção da alumina e sua redução em cubas eletrolíticas, sendo a etapa que consome as maiores quantidades de energia e insumos básicos, implicando conseqüentemente na geração da maior quantidade de resíduos de todo o ciclo da indústria do alumínio, exigindo sofisticados e equipamentos e instalações de controle ambiental.

Nesse sentido, o projeto envolveu o equacionamento do controle ambiental, desde a fase de concepção inicial, incorporando-o ao processo produtivo, captando e

recirculando as emissões em circuito fechado, eliminando o mínimo possível ao ambiente.

4.1 - Controles das Emissões de Fluoretos (Redução)

Fluoretos particulados e gasosos são gerados principalmente nas cubas de redução, que operam com banhos constituídos de fluoretos fundidos (960°C) e alumina. Caso não sejam tomadas as devidas precauções, as poeiras e gases podem atingir a atmosfera da sala e escapar para o ambiente externo através dos lanternins.

No caso da ALUMAR, o controle desta fonte se inicia na própria maneira de operação das cubas. A maior parte das operações rotineiras, como carregamento de alumina, quebra de crosta e eliminação de efeitos anódicos é automatizada e comandada por computadores operando em tempo real.

Este sistema permite que as cubas operem totalmente fechadas, só necessitando de abertura das portas para poucas operações, e mesmo assim por curtos períodos. Além disto, cada cuba está ligada a um sistema central de exaustão, que mantém uma pressão negativa no interior delas mesmo com as portas abertas. Através de uma regulagem manual, cada cuba tem sua exaustão aumentada em 50% quando as portas são abertas. O resultado é que há uma aspiração constante e ininterrupta para o interior das cubas e daí para o duto de exaustão, reduzindo ao mínimo as emissões para a sala e para a atmosfera. O ambiente da sala é limpo, protegendo os trabalhadores e o ambiente externo. A Figura 1 mostra o sistema de exaustão e tratamento dos gases da Redução.

O tratamento dos gases é feito em 44 reatores de leito fluidizado, divididos em 3 conjuntos. Os gases são lavados a seco ao atravessarem um leito constituído da própria alumina calcinada, que será alimentada posteriormente às cubas. Em série com o leito fluidizado de cada reator existe um filtro de mangas para a coleta final de particulados. Os reatores operam em paralelo, sendo possível desligar até 2 reatores por conjunto sem queda de eficiência, que tem sido sempre superior a 99,9%. É interessante observar a economia que este sistema traz à operação. Consi

derando que chegam aos reatores em média 25 kg F/t Al, e que a emissão média é de 0,005-0,007 kg F/t Al, verifica-se que são reciclados aproximadamente 25kg F/t Al, equivalentes a 36,8 kg AlF_3 /t Al. Desta forma, a proteção ambiental, quando integrada ao processo produtivo, resulta em excelente retorno, economizando insumos e energia a serem adicionados.

A outra fonte de fluoretos e particulados da área de Redução é o forno de cozimento de anodos, devido aos restos de anodos reciclados das cubas, que são utilizados como parte da matéria prima na fabricação de anodos novos. Trata-se de fonte de menor importância, que não requer maiores controles além da criteriosa limpeza dos anodos reciclados e manutenção de elevada eficiência de combustão para atender aos padrões de emissão.

4.2 - Resíduos de Bauxita

A parte estéril da bauxita, remanescente da extração da alumina na Refinaria, é um resíduo sólido a ser descartado convenientemente. Intrinsecamente, é inerte pois é constituída dos mesmos minerais originalmente presentes no minério (óxido de ferro, sílica, alumina, dióxido de titânio e óxido de sódio). Entretanto, devido à sua fina granulometria e por ter estado em contacto com solução concentrada de soda cáustica, requer cuidados especiais de tratamento e disposição, de modo a evitar o assoreamento e a elevação do pH dos corpos hídricos da área.

O tratamento se inicia na fábrica por lavagem em contra-corrente com água, em uma série de espessadores de lavagem. A água de lavagem com a soda recuperada é reincorporada ao processo, enquanto a polpa resultante, com 10-15% de sólidos e ainda contendo uma pequena quantidade de soda cáustica é enviada para o lago de resíduos. Cada um destes lagos possui duplo revestimento, sendo um de argila compactada (40 cm) e outro um lençol contínuo de PVC (0,8 mm), tornando o lago perfeitamente estanque. Além disto, são instaladas drenagens de topo e de fundo, de maneira que todo o líquido é bombeado de volta à fábrica, conforme mostrado na figura 2.

No lago ocorre o processo de decantação, sedimentando os sólidos e possibilitando a reciclagem da fase líquida. Após esgotada a capacidade de um lago, outro é construído, e o primeiro entra em fase de recuperação. As águas pluviais precipitadas sobre o lago vão infiltrando e lavando os sólidos ao longo dos anos, sendo captadas pela drenagem de fundo e recicladas para a fábrica. Após a exaustão da soda recuperável, os lagos são recobertos por camadas de areia, adensados através de sobrecarga de solo e revegetados, sendo então devolvidos à propriedade do Estado. Observe-se ainda que existe a possibilidade, ora em estudo, de se utilizar o material estocado como argila para produção de cerâmica vermelha, da qual a área de São Luís é carente.

Esse processo de disposição permite a recuperação e reciclagem de grande quantidade de soda e água ao processo, além da segurança em termos de proteção ambiental, tendo em vista a total estanqueidade e a inexistência de efluentes lançados aos corpos de água da região.

4.3 - Drenagens Pluviais

A fábrica da ALUMAR não gera efluentes líquidos de processo. O balanço hídrico anual da Refinaria apresenta déficit em torno de $100 \text{ m}^3/\text{h}$, mesmo considerando a recirculação de milhares de metros cúbicos de solução aquosa. O consumo total de água da fábrica é da ordem de $250 \text{ m}^3/\text{h}$, incluindo a demanda de água potável.

Dentro deste contexto, a coleta e armazenamento de águas pluviais assume papel muito importante. Considerando que a região de São Luís tem duas estações bastante distintas em termos de pluviosidade, é necessário estocar água coletada no período das chuvas para suprir as demandas do período de seca. O déficit é complementado por água captada em poços. Assim, interessa manter o balanço hídrico equilibrado, descartando o mínimo de água possível. Além disso, interessa manter a qualidade das drenagens pluviais, pois boa parte dela será posteriormente re-aproveitada no processo produtivo.

Na Refinaria, as medidas de proteção começam nas próprias áreas produtivas. Todos os tanques, bombas, es

tações de válvulas, e outros equipamentos de processo^{8.} estão instalados em áreas pavimentadas e confinadas por muretas de concreto. Estas áreas drenam para poços centrais de bombeamento de onde as águas são retornadas ao processo. As águas - e refrigeração são recicladas através do Lago de Resfriamento, construído com as mesmas medidas de proteção adotadas no Lago de Resíduos de Bauxita (vide Figura 3).

Um sistema de lagos de detenção interligados por bombeamento possibilita o recolhimento e reciclagem quando os mesmos estiverem fora dos padrões de qualidade. Desta forma, as águas pluviais em excesso (período das chuvas), podem ser descarregadas para os corpos receptores, de maneira controlada, sempre em conformidade aos padrões de qualidade estabelecidos.

Observa-se ainda que todas as áreas que manuseiam óleo possuem caixas separadoras. Além disto, um sistema de neutralização corrige o pH automaticamente. A Figura 4 mostra o sistema de lagos de drenagem da Refinaria.

As áreas de estocagem de bauxita, carvão e a área da Redução possuem outros lagos independentes, cuja finalidade é remover os sólidos em suspensão antes de liberar as águas pluviais para os corpos receptores.

4.4 - Disposição de Resíduos Sólidos

4.4.1 - Resíduos da Bauxita

O Lago para disposição destes resíduos, em operação desde 1984, com área útil de 15 ha armazenará 1.500.000m³ de resíduos decantados, armazenando ao final uma camada de resíduos de 10 m de altura e 2m da água sobrenadante. A vida útil deste primeiro lago foi projetada para 3 anos.

A água sobrenadante é parte bombeada diretamente da superfície para o Lago de Resfriamento, parte evaporada, parte retida nos interdícios dos sólidos e parte ainda infiltrada e coletada por um sistema de tubos de PVC ranhurados, embutidos num colchão de areia. Este sistema drenante inferior retornará as águas in -

filtradas de volta, em circuito fechado, para a Refinaria (Lagos de Resfriamento).

O Lago de Resíduos de Bauxita é um lago artificial, composto de diques construídos com solos locais, duplamente impermeabilizados por uma camada de argila e manta de PVC, dispondo ainda de um sistema de dreno, o qual coleta água com vazões previstas de $150 \text{ m}^3/\text{h}$ no início da operação, decaindo para menos de $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ao final de 3 anos.

À medida que o lago esgota sua capacidade, o material se adensa, influenciado pelo próprio peso. No final do período de 3 anos, ele estará com o comportamento de um solo de baixa resistência.

A resistência será ampliada pelo processo de recuperação. Este constituirá num aterro composto de uma camada de solo granular, diretamente aplicado sobre os resíduos de bauxita, seguida de uma camada de solo natural. Esta camada é projetada para suprir o adensamento adicional decorrente de sobrecarga do aterro e também para permitir a plantação de espécies vegetais na fase de recuperação paisagística e funcional da área.

Durante e após o aterro de recuperação, que cobrirá totalmente o lago, o sistema de sub-drenos permanecerá operativo drenando os excessos de água expelidos pelo adensamento.

Assim sendo, os resíduos de bauxita não entrarão em contato com o solo abaixo da zona impermeabilizada.

4.4.2 - Cinzas da Queima do Carvão na Caldeira da Refinaria

As cinzas resultantes da queima de carvão são dispostas em valas impermeabilizadas. Tanto o fundo da vala como o dique são impermeabilizados com solos argilosos compactados.

A disposição das cinzas é feita em camadas recobertas por solos locais compactados, de tal forma que a superfície de exposição a eventuais chuvas seja reduzida ao mínimo possível.

As camadas superiores de proteção com solo te-

rão sempre caimento para a periferia, de forma a reduzir a possibilidade de percolação de água de chuva pela cinza.

Deste modo, as cinzas não têm contato direto com os solos locais.

4.4.3 - Revestimentos Gastos das Cubas Eletrolíticas da Redução (RGC)

Os resíduos em epígrafe ainda não foram gerados, o que ocorrerá só a partir de 1988. Após o início da geração, o material será primeiramente estocado em áreas cobertas. No período de seca, os resíduos serão transferidos e dispostos em valas escavadas, revestidas por solo compactado e mantas de PVC.

Após o enchimento da depressão com os catodos, a área será coberta com solos argilosos, compactados, providos de caimento para a periferia, drenando as águas pluviais.

Desse modo, tais resíduos não terão contato direto com águas pluviais e com o solo local, de modo que não se espera qualquer efeito da deposição dos mesmos sobre os solos.

Mesmo assim, um completo sistema de monitoragem será implantado, através de piezômetros para acompanhamento da qualidade das águas subterrâneas da área.

Observa-se que o Consórcio tem interesse na preservação desse material, por apresentar o mesmo valor econômico numa eventual recuperação, cujas pesquisas encontram-se em estágio adiantado de desenvolvimento.

4.4.4 - Resíduos Gerais

A disposição é efetuada em aterro sanitário sendo o lixo lançado em camadas, com recobrimento diário de solo local ou resíduos inertes de varrição.

Além disso, foram adotadas medidas complementares de proteção ambiental, como o desvio das águas pluvias e um completo sistema de monitoramento da qualidade das águas subterrâneas.

Encontra-se em implantação um incinerador para a queima de resíduos sólidos patogênicos e instalação

para armazenamento de óleos recuperados disponíveis para a venda.

4.5 Controle de Erosão e Revegetação das Áreas

Desde o início do projeto, todos os cuidados foram tomados para que as áreas desmatadas fossem reduzidas ao mínimo necessário. Após o término da construção, as áreas construídas foram recuperadas e revegetadas, segundo um plano diretor de paisagismo. Foi constituído um viveiro para o preparo de mudas de 80 espécies nativas, que vem sendo plantadas na área (especialmente frutíferas). Os taludes e áreas maiores foram gramados por hidrossemeadura. Ao lado da Redução, junto ao viveiro, foi plantado um pomar de citros, atualmente em plena produção. Toda a área industrial está cercada por um cinturão verde de aproximadamente 5.000 Ha. A caça, a pesca e a retirada de madeira é expressamente proibida. Como consequência da ausência dos predadores, a fauna vem se reconstituindo, sendo constatada sua presença na área de preservação que circunda o parque industrial.

4.6 - Outros Controles

4.6.1 - Gases de Combustão

Os gases de combustão são gerados nas caldeiras (carvão mineral), nos fornos de cozimento de anodos (diesel/BPF); na calcinação de Alumina (BPF) e nas cubas (anodos carbônicos). Foram feitos estudos de dispersão destes gases na atmosfera através de modelo matemático, para se determinar as alturas de chaminés que dariam concentrações máximas aceitáveis a nível do solo, e a várias distâncias das fontes. Os resultados de monitoramento mostram que as condições foram plenamente atendidas, sendo a dispersão efetiva e os padrões de qualidade do ar atendidos com folga. (Quadro 3)

4.6.2 - Material Particulado

Em todos os pontos de manuseio de granéis, notadamente matérias primas e alumina, o controle das emissões de particulados é feita por filtros de mangas, com excessão da calcinação de alumina, onde o controle é por precipitador eletrostático. Apenas na fase I foram instalados 140 filtros de mangas, que atendem um

um total de 179 pontos de coleta. A emissão máxima permitida pela licença de operação é de 100 mg/m³ de gás, a qual vem sendo atendida para todos os pontos (Quadro 5).

4.6.3. Esgotos

Os esgotos sanitários de toda a fábrica são coletados em separado e tratados em lagos de aeração forçada de três estágios. O efluente final pode ser reciclado para utilização como água de processo, durante o período de seca. O sistema foi dimensionado para uma população de 2000 pessoas, tratando cerca de 400 m³/dia, com um volume total de 3.640 m³ de capacidade. Os padrões de qualidade para lançamento dos efluentes tratados têm sido plenamente atendidos.

5. O MONITORAMENTO E SEUS RESULTADOS

5.1. Programas de Monitoramento

Todo o monitoramento ambiental da Alumar foi planejado com antecedência, tendo os levantamentos sido iniciados 3 anos antes da partida da fábrica. Este tipo de estudos teve por objetivo permitir a comparação do ambiente local antes e depois do início da operação, com a finalidade de se estabelecer, pela primeira vez no Brasil, qual o impacto real de um empreendimento desta natureza.

Além do Departamento de Meio Ambiente da Alumar, tem participação ativa nestes trabalhos o Laboratório de Hidrobiologia da UFMA e o Instituto Biológico de São Paulo, sob a forma de convênios/contratos. Todas as despesas são custeadas pela Alumar, que tem investido consideráveis recursos nos programas com estas entidades externas.

5.1.1. O Programa Labohidro/UFMA - Alumar

O Labohidro da UFMA está executando um completo programa de levantamentos nas áreas estuarinas e nas baías de S. Marcos e S. José, áreas consideradas de influência do projeto. O trabalho está dividido em nove subprojetos, cobrindo todos os aspectos ambientais relevantes. O quadro 6 mostra uma listagem destes subprojetos e seus respectivos escopos.

13.
É interessante observar que além dos relatos técnicos, vários trabalhos científicos decorrentes destes estudos vêm sendo publicados pelos pesquisadores do laboratório de hidrobiologia (Labohidro) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Além do custeio de todas as despesas, a Alumar colocou à disposição dos pesquisadores um barco de 54 pés, com tripulantes, e equipado para os trabalhos em questão

5.1.2 - O Programa Instituto Biológico de São Paulo - Alumar

O escopo de trabalho do Instituto Biológico cobre os estudos da vegetação da região. São feitos levantamentos de pragas, doenças, insetos e outros fatores que possam afetar a vegetação da área. Na eventualidade de algum dano à vegetação, os estudos possibilitam identificar suas causas, separando as naturais daquelas causadas por alguma emissão da fábrica. - Todo este programa conta com a orientação do Dr. Leonar Weinstein do Boyce Thompson Institute for Plant Research, Cornell University, USA.

Os levantamentos já identificaram uma série de fungos, insetos e parasitas da vegetação. Amostras específicas são levadas para São Paulo para estudos no Instituto Biológico. Paralelamente, a Alumar coleta e analisa amostras de várias espécies para determinação das concentrações de enxofre e fluoretos.

Da mesma forma que o Labohidro, vários trabalhos vem sendo publicados em consequência dos levantamentos efetuados. Até o presente momento, nenhum dano à vegetação pôde ser atribuído às atividades desenvolvidas pela ALUMAR.

5.1.3. O Programa da ALUMAR

O programa de monitoramento da Alumar é considerado um dos mais completos implantados em fábricas de Alumínio em todo o mundo. Uma equipe técnica especializada cuida das amostragens periódicas das emissões atmosféricas, do controle das águas pluviais, dos resíduos sólidos, das redes de monitoramento da qualidade do ar ambiente, vegetação, águas superficiais e águas subterrâneas, dentre outras atividades. Uma estação meteorológica automática e duas superficiais são operadas pela mesma equipe.

.14.
Duas estações automáticas de monitoramento da qualidade do ar foram instaladas em trailers, sendo uma localizada à jusante da fábrica na direção dos ventos predominantes (Estação 1) e outra na cidade de São Luís, no pateo da Escola Técnica Federal (Estação 2). Estas estações coletam amostras de partículas sedimentáveis e partículas em suspensão no ar, e monitoram continuamente os teores de fluoretos e dióxido de enxofre na atmosfera.

O Departamento possui ainda cinco amostradores isotópicos para amostragem de chaminés, que são instalados em um furgão especial quando da sua utilização.

O laboratório central analisa todas as amostras coletadas, utilizando equipamentos sofisticados como medidores de íon específico, analisadores automáticos, absorção atômica e espectrômetro de plasma. Na sua maioria, estes equipamentos são computadorizados.

Todos estes equipamentos, aliados à equipes altamente treinadas para amostragem e análise, asseguram a confiabilidade dos resultados, e dão segurança quanto às medidas necessárias.

O Quadro 7 mostra uma listagem resumida dos equipamentos, pontos de amostragem e número de parâmetros controlados, para que se tenha uma idéia da extensão e profundidade deste monitoramento.

Os resultados obtidos através da execução dos programas de monitoramento descritos atestam a observância de todos os padrões de emissão e de qualidade ambiental estabelecidos na respectiva legislação e licenças concedidas ao consórcio Alumar.

Esta observação está em concordância com o fato de, até hoje, nenhuma modificação adversa ao meio ambiente ter sido constatada na região, em função da operação desse empreendimento.

6. CONCLUSÃO

O trabalho apresentado sintetiza a experiência da concepção, projeto, implantação e operação de um empreendimento em que a variável controle ambiental foi considerada, com sua devida importância, em todas as fases.

O cuidado que se teve em caracterizar, da forma mais abrangente possível, as condições ambientais prévias ao início de operação, e os resultados obtidos ao longo de dois anos de operação, confirmam a eficácia das

medidas de controle adotadas, configurando como mínimas as alterações observadas na qualidade dos recursos naturais na área de maior influência da fábrica.

Ao contrário do que era temido, principalmente - em função do porte e complexidade do projeto, hoje verifica-se a convivência, sem conflitos atribuíveis à poluição, entre as atividades normais da região e a conservação dos recursos naturais nas vizinhanças, e o funcionamento deste complexo industrial, fato comprovado pelos resultados obtidos em dois anos de funcionamento integral do mesmo, através do extenso sistema de monitoramento da qualidade dos recursos ambientais da área de influência.

Portanto, nem sempre é válida a premissa de que se tem que pagar o preço do desenvolvimento com a deterioração das condições ambientais e de qualidade de vida, desde que o controle ambiental seja considerado não só necessário, como obrigatório por uma questão de consciência e de responsabilidade social.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Aluminum Company of America - ALCOA and the Environment - Care, Control, Commitment - Pittsburgh, USA, jan/85
- 2 - Barreto Vianna, M. D. - Aspectos de Controle Ambiental em Fábrica de Alumínio - revista Eng.^a Sanitarista, ABES, v.22, nº 1, 101-105, jan/mar 1983
- 3 - United Nations Environment Programme - Industry & Env. Guidelines Series - Guidelines for Env. Management of Aluminum Smelters - Second Draft - Paris, sep.85
- 4 - Consórcio Alumínio do Maranhão - ALUMAR - A Alumar e a Ecologia na Ilha de São Luís - São Luís, Ma, 1983
- 5 - Barreto Vianna, M.D. - A Indústria do Alumínio e o Controle Ambiental, XII Congresso Brasileiro de Eng^o Sanitário e Ambiental, Camboriú, SC, 83

QUADRO 1

INSUMOS NECESSÁRIOS PARA A PRODUÇÃO DE
245.000t DE ALUMÍNIO/ANO E 600.000t DE ALUMINA/ANO

INSUMO	CONSUMO APROXIMADO t/ANO	ÁREA DE UTILIZAÇÃO
BAUXITA	1.300.000	REFINARIA
HIDRÓXIDO DE SÓDIO 50%	37.000	REFINARIA
CAL VIRGEM	7.800	REFINARIA
FLUORETO DE ALUMÍNIO	3.675	REDUÇÃO
COQUE DE PETRÓLEO	95.500	FAB. ANODOS
PICHE	27.000	FAB. ANODOS
AMIDO (FLOCULANTE)	180	REFINARIA
ÁCIDO SULFÚRICO	720	REFINARIA
ÁCIDO CLORÍDRICO	48	REFINARIA
COQUE PULVERIZADO	980	FAB. ANODOS
BARRILHA	1.200	REDUÇÃO
ÓLEO COMBUSTÍVEL	47.000	CALCINAÇÃO ALUMINA
ÓLEO DIESEL	11.800	COZIMENTO ANODOS
CARVÃO MINERAL	83.500	CALDEIRAS-REFINARIA
ENERGIA ELÉTRICA	$3,7 \times 10^6$ (MWH)	REDUÇÃO/REFINARIA

QUADRO 2 - PRINCIPAIS TÓPICOS ABORDADOS PELO ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL DA ALUMAR

<p>CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SÍTIO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SOLOS - Geomorfologia e caracterização • RECURSOS ATMOSFÉRICOS - clima e condições Meteorológicas e Qualidade do ar • RUÍDOS • RECURSOS HÍDRICOS - Hidrologia superficial, Hidrogeologia, Oceanografia - física, Uso e Qualidade das Águas • ECOSISTEMAS - Terrestres e aquáticos (fauna e flora) • SISTEMA ANTRÓPICO - demografia, uso e ocupação do espaço, qualidade de vida.
<p>CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CARACTERIZAÇÃO GERAL - Áreas de ocupação, Mão de Obra, Fluxo de Insumos, e Produtos. • PROCESSOS INDUSTRIAIS - Lay out, equipamentos, fluxogramas, transporte e armazenamento de insumos e produtos. • FONTES E EMISSÕES - líquidas à atmosfera e resíduos sólidos. • TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE EMISSÕES processos, equipamentos, instalações de tratamento e destino final dos efluentes • PLANO DE OBRAS. • CRONOGRAMA
<p>EFEITOS AMBIENTAIS SOBRE OS SOLOS, RECURSOS HÍDRICOS ATMOSFÉRICOS, ECOSISTEMAS E SISTEMA ANTRÓPICO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • DA PREPARAÇÃO DO LOCAL E IMPLANTAÇÃO • DA OPERAÇÃO • DE PROVÁVEIS ACIDENTES • DOS RUÍDOS • DAS EMISSÕES DE EFLUENTES LÍQUIDOS, À ATMOSFERA E RESÍDUOS SÓLIDOS • RELATIVOS À ATRAÇÃO DE MÃO-DE-OBRA • DO DESLOCAMENTO DA POPULAÇÃO RESIDENTE

QUADRO 2 - PRINCIPAIS TÓPICOS ABORDADOS PELO ESTUDO DE
IMPACTO AMBIENTAL DA ALUMAR
 cont.

<p>SISTEMAS DE CONTROLE, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE EFLUENTES, EMISSÕES À ATMOSFERA E RESÍDUOS SÓLIDOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • DA IMPLANTAÇÃO - Recomposição de Áreas Utilizadas, Controle da Erosão, tratamento efluentes sanitários do canteiro de obras. • DA OPERAÇÃO - Sistemas de controle das emissões à atmosfera, águas pluviais, efluentes líquidos, resíduos sólidos e ruídos • Métodos de Disposição final de efluentes e resíduos sólidos • Proteção das Áreas de Preservação permanente, controle da erosão, paisagismo e planos de reabilitação de áreas de disposição de resíduos • Sistema de Prevenção de Acidentes com danos ambientais
<p>PROGRAMAS DE MONITORAMENTO NAS FASES DE IMPLANTAÇÃO, PRÉ-OPERAÇÃO E OPERAÇÃO</p>	<ul style="list-style-type: none"> • DOS SOLOS • DAS ÁGUAS - superficiais, subterrâneas pluviais e estuarinas • DO AR - Clima, condições meteorológicas, qualidade do ar • DOS ECOSISTEMAS - Vegetação, biologia estuarina e marinha, qualidade das águas e sedimentos • DAS EMISSÕES, efluentes líquidos, águas pluviais e de drenagem, emissões à atmosfera.
<p>EFEITOS BENÉFICOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • DE NATUREZA ECONÔMICA, para a economia nacional e regional • PROTEÇÃO E PRESERVAÇÃO DE ÁREAS LIVRES DE PREDADORES - Cinturão Verde • RECUPERAÇÃO E RECOMPOSIÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO

QUADRO 3 - QUALIDADE DO AR-AMBIENTE REGISTRADO NAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DE MONITORAGEM CONTÍNUA

PARÂMETROS	PRÉ-OPERAÇÃO NOV/82 - AGO/84		POS-OPERAÇÃO SET/84 - MAIO 86		PADRÃO
	EST.01	EST.02	EST.01	EST.02	
F. GASOSO (MG/m ³)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,9 (USA)
SO ₂ (Mg/m ³)	< 13	< 13	< 13	< 13	80 (SERNAT)
MAT. PART. (Mg/m ³)	39	68	26	54	80 (SERNAT)
PART. SEDIM. (Mg/m ² dia)	0,7	0,81	1,25	1,31	10 (COPAM)

ESTAÇÃO 01: COQUEIRO -- SITUADA 2 km. À JUSANTE DA FÁBRICA, EM DIREÇÃO DOS VENTOS DOMINANTES.

ESTAÇÃO 02: ESCOLA TÉCNICA FEDERAL - SITUADA NA ZONA URBANA DE S.LUIS, A 25KM A MONTANTE DA FÁBRICA EM RELAÇÃO AOS VENTOS DOMINANTES.

QUADRO 4 - EMISSÕES À ATMOSFERA DA ÁREA DE REDUÇÃO, EM
 KG DE FLUORETOS TOTAIS POR TONELADA DE
 ALUMÍNIO LÍQUIDO PRODUZIDO (KG F/t Al.)

FONTES	A N O S		PADRÃO SERNAT
	1985	1986	
SALA DE CUBAS	0,60	0,76	-
REACTORES A-398	0,006	0,006	-
COZIMENTO DE ANODOS	0,32	0,31	-
TOTAL	0,92	1,08	1,25*

*Média Anual

QUADRO 5 - EMISSÕES À ATMOSFERA DE PARTICULADOS (mg/Nm³)
 DAS ÁREAS DA REFINARIA E REDUÇÃO, APÓS
 TRATAMENTO DOS GASES

	FONTES	1985	1986	PADRÃO SERNAT
REFINARIA	CALDEIRAS	77,7	**	100
	CALCINAÇÃO	45,2	38,0	124
REDUÇÃO	SALA DE CUBAS	1,83	1,68	-
	REATORES A-398	0,13	0,07	-
	COZ. ANODOS	0,16	0,21	-
	TOTAL REDUÇÃO	2,12	1,97	5*

* Média anual

** Medições Trimestrais

QUADRO 6

ESTUDOS DESENVOLVIDOS PELO LABOHIDRO-UFMA
SUBPROJETOS E RESPECTIVOS ESCOPOS

<u>FÍSICA</u>	Levantamento de Vários Parâmetros Visando Caracterizar as Águas da Região e seus Movimentos.
<u>QUÍMICA</u>	Coleta de Amostras e Análises de Vários Parâmetros Físico-Químico, incluindo salinidade e metais pesados.
<u>GEOLOGIA</u>	Amostragem e Caracterização dos Ambientes, com Ênfase na Análise de sedimentos e Correlação com a Qualidade das Águas.
<u>MANGUES</u>	Ocorrências Qualitativas e Quantitativas de Espécies Vegetais.
<u>PLÂCTON</u>	Arrastes Horizontais para Coleta e Identificação de Zooplâncton, Fitoplâncton e Ictioplâncton.
<u>BENTOS</u>	Levantamentos Orientados para Crustáceos (caranguejo e camarões) e Moluscos (ostras e sururus).
<u>ICTIOFAUNA</u>	Coletas c/ Redes e Espinhéis. Estudo de dados Biológicos das Espécies de Significado Comercial da Região.
<u>PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA</u>	Amostragem em Pontos Selecionados, e Posterior Análise em Laboratório.
<u>ESTATÍSTICA DE PESCADO</u>	Coleta de Dados de Desembarque de Pescado nos Principais Terminais Pesqueiros da Região.

QUADRO 7

PRINCIPAIS EQUIPAMENTOS/SISTEMAS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL
DA ALUMAR

	<u>EQUIPAMENTOS/SISTEMA</u>	nº de pontos de medição
AR AMBIENTE	Estações Automáticas F, SO ₂ , Particulados	02 unid.
	Estações Meteorológicas Automáticas	02 unid.
	Estações Meteorológicas de Superfície	02 unid.
	Rede de Placas para F/SO ₂	33
	Baldes de Sedimentação (particulados)	18
	Coleta de Vegetação p/ Análise de F e S	20
	Estudo de Pragas e Insetos - I. Biológico de São Paulo	18
EMISSÕES A ATMOSFERA	Reatores A-398	44
	Lanternins	02
	Coz, Anodos	02
	Filtros de Mangas - Caldeiras	03
	Precip, Eletrostáticos	02
	Outros Filtros de Mangas - Geral	140
	Amostradores Isocinéticos p/ Chaminés	05 unid.
	Unidade Móvel de Meio Ambiente	01 unid.
QUALIDADE DAS ÁGUAS	Água Superficial - 36 Parâmetros	21
	Água Subterrânea - 23 Parâmetros	42
	Monitoramento dos Lagos - Água Subterrânea- 17 Parâmetros	20
	Descargas de Águas Pluviais - 7 Parâmetros	06
	Água de Chuva - 6 Parâmetros	02
	Estudo de Biologia Marinha - Labohidro-UFMA	vários

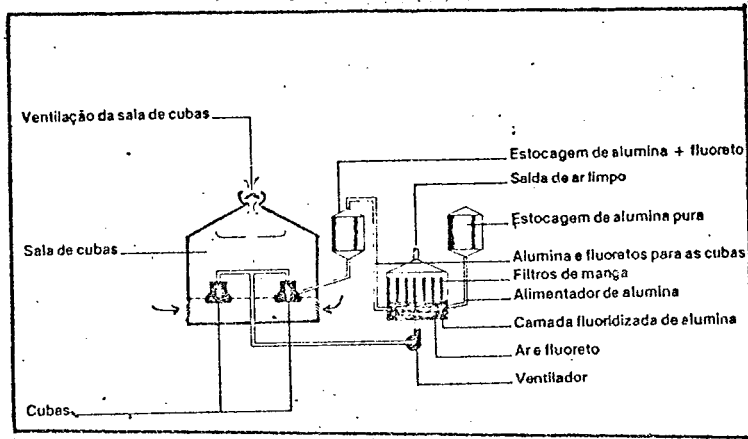


FIG.1 - SISTEMA DE TRATAMENTO DOS GASES DA REDUÇÃO

Fonte:Ref. Bibl. (4)

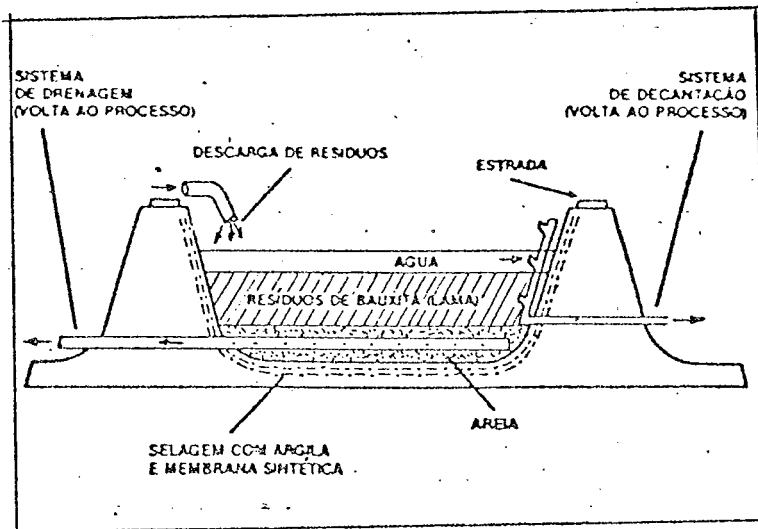


FIG.2 - LAGO DE RESÍDUOS DA BAUXITA (CORTE VERTICAL)

Fonte:Ref. Bibl. (2)

FIG.3- LAGO DE RESFRIAMENTO DE ÁGUAS DA REFINARIA

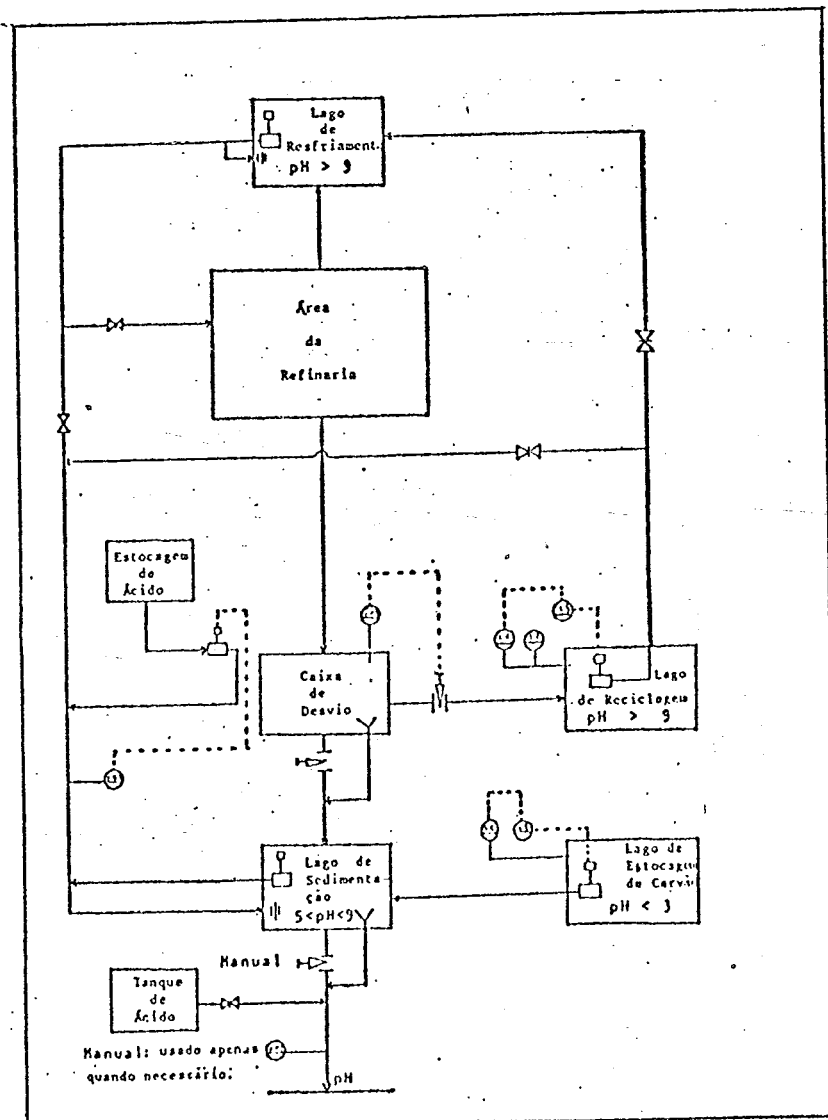
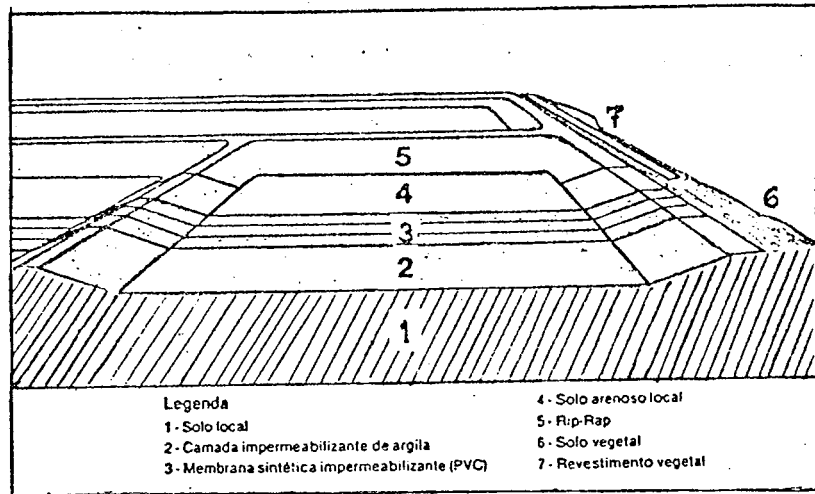


FIG.4 - SISTEMA DE LAGOS DA REFINARIA COM CONTROLE AUTOMÁTICO DE PH.