

ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM
ACELERADOR LINEAR DE ELÉTRONS APLICADO AO
CAMPO DO SANEAMENTO - REL. I

ARQUIVO TECNICO

0100
C338e(RCET)
017964



11068



017964

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 CEP 05489 - PINHEIROS
SAO PAULO - BRASIL

ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM
ACELERADOR LINEAR DE ELÉTRONS APLICADO
AO CAMPO DO SANEAMENTO

RELATÓRIO Nº 01

GERÊNCIA DE APOIO TECNOLÓGICO

FEVEREIRO/1979

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ÍNDICE

1.0 - INTRODUÇÃO	01
2.0 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS	02
3.0 - ESCOLHA DA FONTE DE RADIAÇÃO	04
4.0 - UTILIZAÇÃO	08
4.1 - Célula de Reciclagem	08
4.2 - Célula Nobre	10
4.3 - Uso Comum às Duas Células	12
4.4 - Usos Potenciais em Pesquisas e Desenvolvimen to	12
4.5 - Taxa de Utilização	13
5.0 - EFEITOS DA RADIAÇÃO SOBRE OS MICROORGANISMOS	15
5.1 - Mecanismos de Ação Direta	15
5.2 - Mecanismos de Ação Indireta	15
6.0 - CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCLUSÕES	18
7.0 - VISITAS EFETUADAS	23
8.0 - BIBLIOGRAFIA	25

ESTUDOS PRELIMINARES PARA IMPLANTAÇÃO DE UM ACELERADOR LINEAR DE ELÉCTRONS APLICADO AO CAMPO DO SANEAMENTO

1.0 - INTRODUÇÃO.

Em julho de 1978 foi efetuado em Brasília, um Colóquio Franco-Brasileiro sobre Saneamento Eletrônico. Como decorrência desse Colóquio, ficou estabelecido que seria estudada a aquisição de um acelerador linear de elétrons, destinado ao campo do saneamento, e cujo controle seria confiado à CETESB. Posteriormente, foi resolvido que esse acelerador seria possivelmente fornecido pela CGR-MeV e com as principais características seguintes:

- a) Energia dos Eléctrons: 10 MeV;
- b) Duas (2) células aceleradoras independentes de 35KW cada uma.

2.0 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.

Passou-se então à fase de estudos preliminares visando a implantação, bem como, a elaboração de um programa de utilização amplo e racional desse acelerador. Foram efetuadas pesquisas bibliográficas e estudos específicos, não apenas sobre o acelerador propriamente dito, como também de vários aspectos de sua utilização no sentido mais amplo

Foram efetuadas algumas visitas e contatos pessoais com profissionais de vários campos que poderiam fornecer subsídios a esses estudos. Foi feito um cronograma PERT para a implantação. Uma visão preliminar na bibliografia disponível inicialmente; nos permitiu concluir que em outros países como USA, Alemanha e França, a ênfase principal dentro do campo do saneamento eletrônico era dada ao tratamento do lodo de esgoto, e em segundo plano, às águas servidas. Foi constatado que os efeitos do feixe de elétrons sobre o lodo podem ser classificados nas categorias seguintes:

- a) Indução pela radiação de radicais livres oxidantes (conduzindo à redução do DQO e DBO);
- b) Modificações em moléculas orgânicas (reduzindo a toxicidade, aumentando o grau de degradação, melhorando também as condições de odor e sabor no caso das águas);
- c) Alterações nos sistemas coloidais (melhorando as condições de filtrabilidade, decantação e secagem);
- d) Efeitos nos microorganismos e parasitas (produzindo

desinfecção ou esterilização conforme a dosagem recebida).

Alguns desses efeitos têm sido estudados já há muito tempo (desde 1945), em escala de laboratório. A bibliografia abrangendo esses assuntos, atualmente conta com várias centenas de publicações. Em outro nível, ou seja, em escala piloto, os estudos são mais recentes (datando de 1968 - 1970, em diante), entretanto a literatura está sendo enriquecida em um ritmo crescente, em consequência de alguns simpósios, conferências internacionais, etc.

Em escala operacional, o tanto quanto pudemos observar, apenas uma unidade deveria ter sido implantada em 1978, no Estado da Flórida, USA... No campo das águas servidas e águas potáveis, existem estudos gerais em nível de laboratório e em pequena escala no nível prático (escala piloto).

3.0 - ESCOLHA DA FONTE DE RADIAÇÃO.

Como fontes de radiação aplicadas ao Saneamento Ambiental, existem as possibilidades seguintes:

- 01) radiação gama do ^{60}Co ;
- 02) radiação gama do ^{137}Cs ;
- 03) radiação gama de mistura ^{137}Cs e ^{134}Cs ;
- 04) radiação gama de produtos de fissão (reprocessados);
- 05) radiação gama de elementos combustíveis queimados;
- 06) radiação gama e outras, de "in-pile loops" de reatores nucleares;
- 07) feixe de elétrons, aceleradores de baixa energia (até 800KeV);
- 08) feixe de elétrons, aceleradores de média energia (de 1 a 3MeV);
- 09) feixe de elétrons, aceleradores de alta energia (até 10MeV);
- 10) raios X gerados por aceleradores de elétrons.

Uma análise completa da viabilidade técnica e econômica dessas 10 alternativas (prós e contras), seria exaustiva, e escapa ao objetivo deste relatório. Atualmente existe alguma experiência operacional com aceleradores de elétrons de várias energias, com o ^{60}Co , e com ^{137}Cs .

Um estudo efetuado por Cleland², demonstra que sob o pon

to de vista econômico, além de uma certa carga de utilização, os aceleradores de elétrons são mais viáveis do que as instalações de ^{60}Co , e por extensão, as de ^{137}Cs . Além desse aspecto meramente econômico, existe para o futuro, uma incerteza quanto a disponibilidade em grande escala no mercado, desses radioisótopos, em vista do ciclo demanda-produção. As alternativas de números 3 a 6 e 10, no momento, constituem perspectivas para o futuro. Os centros experimentais atualmente em funcionamento utilizam as fontes de radiação seguintes:

- a) MIT - Boston (Deer Island) = feixe de elétrons de 0,85 e 1,5 MeV;
- b) Dade County - Flórida = feixe de elétrons de $\leq 3\text{MeV}$;
- c) CARIC - CGR, Paris = feixe de elétrons de $\geq 3\text{ MeV}$;
- d) Geiselbullach, Munique = ^{60}Co ;
- e) Albuquerque, N.Mexico = ^{137}Cs .

Outros centros são de menor significado. As diferenças básicas entre as irradiações com feixe de elétrons ou com gama do ^{60}Co são as seguintes:

- 1) Os feixes de elétrons fornecem densidade de radiação (dose-rates) muito mais elevadas do que o ^{60}Co ;
- 2) A penetração, no material a ser irradiado, é muito menor no caso do feixe de elétrons do que no caso do ^{60}Co .

Essas comparações feitas entre feixe de elétrons e radiação gama de ^{60}Co , tem importância também quanto

ã categoria de aceleradores de elétrons, como veremos a seguir. Os aceleradores lineares de elétrons de uso industrial (para caracterizar estes últimos, não confundindo com os aceleradores lineares de elétrons para pesquisa científica, para o campo da radioterapia e para raios X industrial), além da potência do feixe, que tem importância vital no ritmo de utilização, fixa também a energia dos elétrons.

Esses aceleradores lineares de elétrons de uso industrial possuem potência de feixe elevada e são equipados após a seção aceleradora, por dispositivos que produzem a varredura dos elétrons acelerados, até o bocal acima das correias transportadoras ou outros dispositivos de movimentação de materiais. Tanto a seção aceleradora quanto o dispositivo de varredura dos elétrons, funcionam com alto vácuo. O bocal do dispositivo da varredura possui uma janela constituída por uma fina parede de Tungstênio. Esse bocal tem geralmente um ou mais centímetros de largura e um comprimento que varia de 80cm a 1,8m e se situa transversalmente em relação à direção do movimento das correias transportadoras.

Os elétrons de relativamente baixa energia 0,85MeV - 1MeV, possuem uma penetração útil de apenas cerca de 3mm no material (no caso, lodo com 5 a 8% de material sólido). Isso conduz à necessidade de complexos tratamentos mecânicos-hidráulicos do material a ser irradiado, visando a homogeneização e a formação de camadas finas e elevadas velocidades de escoamento. Tão complicados são esses detalhes que limitaram, por exemplo, na usina piloto de Deer Island, o ritmo de tratamento, a um terço do valor inicialmente previsto. Esses pro

blemas continuam sendo objeto de pesquisa e desenvolvimento, incluindo estudos de reciclagem do material tratado, formação de espumas, névoa, etc. No caso de acelerador de elétrons com 10MeV, esses problemas são extremamente reduzidos porque a penetrabilidade útil é bem superior (cerca de 3,5cm, equivalente-água) permitindo que o material seja tubulado. Naturalmente para que fosse conseguido essa facilidade, houve a necessidade de sacrifícios de alguns fatores como a potência do feixe, proporcionalmente inferior, e na complexidade da máquina que em última análise se traduz no aumento de investimento inicial. Segundo Ballantine¹¹, para um acelerador de 3MeV, o custo de capital seria de 5.000 dólares por KW, enquanto que para um acelerador de 10MeV esse custo seria de 25.000 dólares (dólares de 1975). Entretanto pela flexibilidade e simplicidade na utilização, que os aceleradores de elétrons de 10MeV apresentam, acreditamos que serão mais utilizados no futuro, tendo em vista também os desenvolvimentos no sentido de tornar menos custosas essas máquinas. Elétrons acelerados até essa energia não induzem qualquer radioatividade nos materiais sujeitos a essa radiação.

4.0 - UTILIZAÇÃO.

Como visto anteriormente, embora a ênfase principal tenha sido dada ao tratamento de lodo e em seguida a água, procuramos pesquisar na literatura, outros setores no campo do saneamento e reciclagem de resíduos e incluindo setores não ligados diretamente a esses campos.

O acelerador em questão possui um sistema gerador, modulador, focalizador de alta frequência, ao qual são acopladas duas unidades aceleradoras (ou duas cabeças) cada uma em célula separada. Quanto à utilização, e para simplificar, denominamos provisoriamente de Célula Nobre e Célula de Reciclagem. A seguir iremos discriminar resumidamente algumas utilizações viáveis.

4.1 - Célula de Reciclagem.

A - Lodo efluente dos digestores anaeróbicos, com 5 a 8% de matéria sólida. Encontra-se disponível extensa bibliografia a respeito. O consenso atual indica que com uma dosagem de 400kRad, o material estaria apto para uso como fertilizantes ou condicionador de solo, quer na forma líquida direta ou com injeção abaixo da superfície, ou mesmo após secagem parcial ou total. O acelerador teria a capacidade de desinfetar o lodo atualmente produzido pela ETE de Pinheiros e de Vila Leopoldina.

B - Lodo efluente dos separadores-decantadores: ídem, com algumas ressalvas. Doses mais elevadas são desejáveis principalmente devido ao conteúdo maior de vírus.

- C - Lodo seco. Simples ou compostado. Uso como fertilizante ou condicionador de solo. A dosagem seria de 400kRad a 1MRad.
- D - Lodo seco. Em mistura com polímeros e outros materiais como cimento. Polimerização em dose de 0,8 a 1,6MRad. Produto: materiais de construção com consistência semelhante à madeira e outros.
- E - Algas provenientes de lagoas de estabilização. A dosagem recomendada para utilização posterior como ração animal seria de 1MRad. A previsão, a curto prazo, é de algumas toneladas por dia, o que poderia ser tratado em menos de uma hora por dia.
- F - Despejos industriais recuperáveis. Exemplos: resíduos de abatedouros e indústrias de peixe. Dependendo do grau de contaminação inicial, as doses poderão variar de 0,4 até 5MRad. Ração animal.
- G - Contaminantes orgânicos. Fenóis, pesticidas, inseticidas, detergentes, cianetos, dimetilmercúrio, etc. A dosagem é muito variável, dependendo das condições, de 0,05 a 1MRad. O objetivo é a degradação, reduzir a toxidez ou simplesmente a decomposição em compostos mais simples.
- H - Águas servidas, normalmente como tratamento terciário e em alguns casos como tratamento secundário. Muita pesquisa e desenvolvimento no campo de efeitos sinérgicos da radiação com

calor, cloro, oxigênio, ar, carvão ativado e ozona. Nestes casos a dosagem varia de 30 a 400kRad . Apenas em casos especiais de reciclagem para abastecer pequenas comunidades a dosagem seria de esterilização: 1MRad. Estudos de efeitos sinérgicos também se aplicam no caso do lodo citado anteriormente.

- I - Lixo aeroportuário. Necessitaria separação e processamento prévio. A dosagem seria de 1 a 2,5MRad. Eventual reaproveitamento como alimentação de suínos.
- J - Lixo hospitalar. Necessitaria operações de separação e outros processamentos (trituração, moagem, etc.) prévios. Despejo.
- K - Tratamento de resíduos celulósicos (papeis de jornal, papeis e papelão em geral), visando incrementar o índice de produção de glicose que servirá como matéria prima para diversos produtos químicos.

4.2 - Célula Nobre.

- A - Produtos médicos-cirúrgicos. Esterilização dosagem 2,5MRad de produtos descartáveis (na maioria). Trata-se de atividade universalmente aceita, recomendada e em escala comercial em vários países inclusive no Brasil, com duas unidades em operação (Campinas e São José dos Campos) e uma em implantação (Cotia). Extensa bibliografia a respeito.
- B - Produtos farmacêuticos e biológicos. Idem, com

algumas variações quanto as dosagens e aos objetivos.

- C - Alimentos. Objetivo: preservação. Trata-se de atividade em estudos já há vários anos em escala piloto (algumas já em escala de produção comercial). Entretanto por uma mudança de política no FDA, tornou-se mais lenta a liberação de produtos alimentícios para sofrer tratamento por radiação sem restrições. Alguns exemplos de produtos já liberados: alguns pratos prontos para consumo, bacon, batatas fritas, peixes, etc. (Dosagem 2,5 a 5MRad - esterilização); batatas, cebolas, alhos, etc. (inibição de germinação - dosagem 2 a 20kRad); cereais, farinhas, grãos e algumas frutas (desinfestação - dosagem 30 a 100kRad). Nestes casos as limitações de utilização, seriam mais de ordem mecânica, de transporte interno e armazenamento.
- D - Tratamento de matérias primas, produtos semiacabados ou industriais. Polimerização, crosslinking de PVC, polietileno, etc. Radiação vulcanização de borracha, materiais compostos, WPC, impregnação plástica de cimento, etc. A dosagem varia muito, por exemplo: borracha natural - 20MRad, lubrificantes secos - 50MRad, polietileno - 15MRad; para poliolefinas, acrílicos, poliéster, semicondutores, adesivos, etc, as dosagens serão menores.
- E - Alimentos para animais de laboratório. Esterilização. Dosagem de 0,5 a 2,5MRad. Trata-se

de atividade de uso frequente em todos os países avançados. Entretanto as quantidades são pequenas.

F - Águas potáveis. Trata-se de uma variação de extensão do item H anterior, porém de forma mais apurada e com destino a casos especiais.

4.3 - Uso Comum às Duas Células.

A - Produção de ozona. Utiliza-se o feixe de elétrons e o ar (ou ar enriquecido em oxigênio) destinado a refrigeração da parede de separação de Tungstênio do dispositivo de varredura. Existe a possibilidade de reaproveitamento desse ar ozonizado para posterior injeção no lodo ou águas servidas a jusante da região do feixe de radiação. Outra possibilidade, seria a injeção do ar, ou ar enriquecido com oxigênio, no lodo a montante do feixe de elétrons.

4.4 - Usos Potenciais em Pesquisa e Desenvolvimento.

A - Irradiação de vidros, quartzos, diamantes e pedras semi-preciosas (mudança de coloração e alterações de outras propriedades).

B - Análise de cristais.

C - Reciclagem ou recuperação de despejos sólidos, líquidos ou gasosos.

D - Estudos do "cracking" de petróleo.

E - Desenvolvimento de novas técnicas de irradiação.

F - Estudos em geral no campo da Química das Radiações.

G - Pesquisa e desenvolvimento no campo da Tecnologia de aceleradores de elétrons. Objetiva-se o projeto, ensaio, instalação e testes operacionais, visando-se o desenvolvimento de aceleradores mais simples e menos custosos os quais teriam grande importância para usos locais, por exemplo, indústrias (tratamento de efluentes), hospitais (tratamento de resíduos contaminados, esgotos, etc.), aeroportos internacionais (lixo, tratamento local), saneamento em cidades do interior, etc.

4.5 - Taxa de Utilização.

O valor calculado pelo fornecedor do equipamento, para uma secção aceleradora é de 6,48T.MRad por hora, para 30kW de feixe. A potência de cada um dos feixes do acelerador será 35kW, portanto o valor teórico para a carga horária deverá ser 6,48T.MRad.

Para os diversos materiais a sofrerem tratamento pelo acelerador, fornecemos a dosagem recomendada. Com o sentido de visualizar melhor a capacidade do acelerador, fornecemos a seguir a taxa de utilização para cada uma das secções aceleradoras, baseada em 7,56T.MRad por hora.

TABELA 1 - TAXA DE UTILIZAÇÃO.

DOSE	CARGA HORÁRIA (em toneladas)	CARGA DIÁRIA (em toneladas)
10kRad	756	18.140
50kRad	151	3.630
100kRad	75,6	1.815
400kRad	18,9	454
1MRad	7,56	181
2,5MRad	3,2	72,5
10MRad	0,756	18,1
20MRad	0,378	9,07

4.6 - Resumindo, pode-se afirmar que atualmente e em escala internacional, existem os campos de utilização, já em nível operacional, seguintes:

- A - Saneamento: Lodo e águas servidas;
- B - Produtos médicos-cirúrgicos e farmacêuticos;
- C - Preservação de alimentos;
- D - Processamento industrial.

5.0 - EFEITOS DA RADIAÇÃO SOBRE OS MICROORGANISMOS.

5.1 - Mecanismos de Ação Direta.

Nas células vivas a radiação produz as seguintes ações observáveis diretas (forma sequencial):

- 1) A radiação ionizante interage diretamente com as moléculas na célula;
- 2) Estas células danificadas formam estados metaestáveis;
- 3) Através de mecanismo de transferência de energia, intra e intermolecular, os estados metaestáveis são convertidos em estados finais estáveis do dano;
- 4) Esses danos para certas moléculas resultam em efeitos biológicos observáveis.

5.2 - Mecanismo de Ação Indireta.

As ações indiretas nas células vivas consistem nos cinco estágios seguintes:

- 1) Ação direta da radiação nas moléculas da água · produção e_{aq}^- (eléctron hidratado), e radicais livres H e OH;
- 2) Estas espécies reativas difundem através do meio aquoso e colidem com outras moléculas;
- 3) Algumas dessas colisões resultam em reações entre as espécies reativas e moléculas, formando

do radicais das moléculas envolvidas;

- 4) Os radicais se rearranjam e/ou reagem com outras espécies de moléculas para formar moléculas estáveis;
- 5) Algumas das moléculas estáveis conduz à produção de fenômenos radiobiológicos observáveis.

Como acima mencionado, a ação direta da radiação constitui uma interação com as moléculas causando danos às mesmas. Se considerarmos uma grande molécula de proteína ou mesmo uma longa molécula de DNA, uma interação com qualquer parte delas, significa perda de sua atividade biológica. Isto sugere que qualquer interação na molécula possa causar danos no sentido de inativar essa molécula (exemplo : seccionamento de moléculas de DNA), ou que a energia depositada na molécula possa ser transferida para locais-chaves de outras moléculas, danificando-as (exemplo: inativação de uma molécula de enzima). A estrutura e a função celular será afetada portanto por ações imediatas e ações retardadas. Existem muitos estudos experimentais sugerindo que sendo o DNA a molécula-alvo responsável pela inativação das células, quanto maior for o conteúdo de DNA em determinados organismos, maior será a extensão dos danos causados pela radiação. Isso explica a relativamente elevada radio-resistência dos vírus, em relação a outros microorganismos contendo maiores proporções de DNA, RNA e outros componentes celulares.

Tecemos as considerações acima pela pertinência

do assunto e pela curiosidade que temos observado em profissionais de outras áreas. Os efeitos diretos e indiretos da radiação sobre compostos orgânicos no meio aquoso, são complexos e muito dependentes das condições da radiólise. Na maior parte da vezes o efeito é constituído por degradação ou decomposição em compostos mais simples. Geralmente estes compostos são mais inócuos que os precedentes, constituindo uma raridade o efeito inverso, ou seja o caso em que a toxidez de um produto seja maior do que o precursor, o que ocorre com alguns compostos clorados.

6.0 - CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCLUSÕES.

Reportando-nos ao encerramento do Colóquio Franco-Brasileiro⁵, iremos observar que alguns pontos destaca
dos pelo Senhor Ministro da Saúde foram:

- 1) o tratamento de sangue a ser transfundido, que na
nossa classificação, estaria no item 4.2 - B;
- 2) lixo aeroportuário, item 4.1 - I;
- 3) lama de esgotos, itens 4.1 - A, B e C.

No entanto nessa ocasião, considerava-se uma unidade de pequenas dimensões, não haviam sido definidos o tamanho e características convenientes da unidade. Posteriormente houve essa definição⁶, tendo-se optado por uma unidade de maior porte como esclarecido no início desse relatório. Nessa altura, julgava-se como ponto de partida para a utilização, a desinfecção ou esterilização de lixo aeroportuário (Viracopos e Congonhas) e lixo oriundo de alguns hospitais de São Paulo. No início de outubro de 1978, julgava-se importante a realização de um convênio também com a Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, em vista da utilização de resíduos sólidos no setor agrícola. Nessa ocasião, recomendava-se a localização, em região no eixo São Paulo-Campinas e por outro lado, considerava-se também o uso no tratamento de algas de lagoas de estabilização. Posteriormente, tendo a definição do tipo e capacidade do acelerador linear de elétrons, passou-se a um estudo mais apurado das suas potenciais utilizações em harmonia com o que já se fazia em outros países em escala piloto e em pelo menos um caso, em escala pré-operacional. As conclusões preli

minares desses estudos são as seguintes:

- 1) O destaque maior do uso de aceleradores de eléctrons no campo do saneamento   dado   desinfec o de lodo efluente de digestores anaeróbicos. Além do tratamento do lodo em outras condi es com diversos objetivos, existe a ênfase ao tratamento de águas servidas;
- 2) Foram observadas na literatura consultada, raríssimas men es   desinfec o eletr nica de resíduos (lixos) de aeroportos ou hospitais, além daquelas em contradas nos documentos franceses (4, 5 e 6).

Sobre isso, vimos apenas algumas men es a utiliza es eventuais, muito especiais e locais. Neste caso, bem como nos casos de resíduos industriais objetivando reciclagem ou degrada o, acreditamos que o acelerador de eléctrons a ser operado pela CETESB poderá servir a título de desenvolvimento de técnicas especiais, em tretanto os objetivos finais deverão ser alcançados com aceleradores locais de outro porte e com outras ca racterísticas.

Quanto ao lixo de uma forma geral, vimos um trabalho de Israel constando de uma estac o futura e modern ssima de tratamento de lixo, com estágios de recupera o de papel, papelão, plástico, vidros, metais ferrosos e não ferrosos, etc, nesse projeto, como uma alternativa de reciclagem do material orgânico foi mencionada a radia o. Igualmente, um grupo da Universidade de Nova York (Brenner et al.) está considerando seriamente es ses aspectos.

- 3) Outras aplicações do acelerador de elétrons no campo do saneamento ambiental foram mencionadas anteriormente;
- 4) Algumas aplicações não especificamente no campo do saneamento ambiental e que são rentáveis podendo possivelmente permitir a operação auto-suficiente em termos econômicos do acelerador, são mencionadas nos itens 4.2 - A, B, C e D.

Pelo exposto, somos de parecer de que a ênfase principal da aplicação do acelerador de elétrons, acompanhando a tendência de outros países, deverá ser dada ao tratamento de lodo e águas servidas, casos em que a CETESB possui uma estrutura multidisciplinar de apoio. Assim sendo, julgamos oportuno que entre as localizações a serem objetos de análise, considere-se fundamental a proximidade às Estações de Tratamento de Esgotos (SABESP), constantes do plano SANEGRA. Levamos em consideração neste caso, o fato de que as outras aplicações (mencionadas nos itens 3 e 4 acima), sugerem que a localização seja conveniente na região metropolitana de São Paulo, (proximidades do CEAGESP, hospitais, indústrias farmacêuticas e de descartáveis, de plástico, petroquímicas, abatedouros, institutos de pesquisas, etc.)

Quanto a utilização futura do lodo tratado (seco ou "in natura"), como fertilizante ou condicionador de solos, seria altamente oportuno os contatos com a Secretaria da Agricultura (como mencionado anteriormente), tendo em vista uma visão mais global do assunto, considerando-se que, ao que consta, existe uma certa relutância por parte dos consumidores, do uso de compostos orgânicos das usinas de compostagem da PMSP. Segundo

alguns usuários consultados, uma restrição nesse caso, seria a presença de vidro moído, pedaços de lâminas de barbear etc. Essa restrição não existiria no caso do lodo tratado.

Outras possibilidades viáveis para a localização, seriam regiões vizinhas a estações de tratamento de esgoto de cidades médias do interior, entre 200.000 a 800.000 habitantes. O acima exposto são conjeturas visto que, em futuro próximo, através de reuniões com a SABESP, PMSB, Secretaria da Agricultura, Infraero, Ministério (ou Secretaria) da Saúde etc, se poderá ter uma idéia ampla e objetiva sobre as prioridades na aplicação do acelerador, bem como, no destino final dos produtos principais. Quanto ao estágio atual dos estudos, e levando em consideração o prazo de entrega do acelerador (24 meses após o contrato), que no diagrama preliminar (PERT) tem um grande significado, acreditamos que se possa após os contatos citados, definir a localização com segurança. Julgamos também oportuno que antecedendo a assinatura do contrato de aquisição da máquina, seja efetuada uma reunião de caráter técnico com o grupo da CGR-MeV para algumas definições e negociações. Por exemplo, definir o grau de detalhamento do projeto (incluindo engenharia civil, equipamentos convencionais, aparelhagem auxiliar etc), e solicitar que se possível toda a parte elétrica seja fornecida para funcionar com 60Hz. (Normalmente todos os aparelhos fornecidos pela indústria francesa, funcionam com 50Hz, acarretando despesas extras para o nosso caso). Esse detalhamento da parte técnica teria importância não apenas para a montagem como também para a elaboração de um relatório de "Segurança Nuclear" para ser submetido à Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Concluindo, cremos que a aplicação da radiação ao saneamento ambiental tem um futuro garantido, apesar de existir atualmente alguma controvérsia no campo econômico, visto que se trata de um processo que produz uma economia de energia em relação a outros, (químicos e térmicos). Com os custos crescentes da energia, essa viabilidade será cada vez mais evidente. O futuro da técnica de tratamento por feixe de elétrons, aplicada em saneamento ambiental está praticamente assegurado pelas considerações anteriores e por outro lado, pode ser evidenciado também pelo incentivo e suporte oficial de organismos como a US-ERDA e EPA a estações experimentais e em especial ao grupo do MIT em Deer Island. Atualmente, uma indústria americana de aceleradores, a RDI, está projetando aceleradores de elétrons do tipo industrial com a potência de feixe da ordem de Megawatts, tendo em vista o aumento de utilização em diversos campos e principalmente em saneamento ambiental.

7.0 - VISITAS EFETUADAS:

Visando adquirir conhecimentos no campo de instalação, operação e manutenção de aceleradores lineares de elétrons, de um lado, e de outro objetivando avaliações preliminares da utilização, foram efetuadas algumas visitas de caráter técnico e mencionadas a seguir:

- 1 - Instituto de Radioterapia Oswaldo Cruz, São Paulo:
Acelerador Linear de Eléctrons "Varian" (4MeV);
Contatos: Doutor D. M. Vizeu, físico;
Engenheiro Mello, Engenheiro Eletrônico;
Doutor M. Lederman, e outros (24.10.78).
- 2 - Centro de Radioterapia do Hospital Beneficência Portuguesa de Santos, Acelerador Linear de Eléctrons "CGR - Neptune" (10MeV);
Contatos: Doutora Cecília Kalil, física;
Doutor Marcos;
Doutor Eduardo e outros (17.10.78).
- 3 - Centro de Radioterapia do Hospital Beneficência Portuguesa de São Paulo, Acelerador Linear de Eléctrons "Philips" de (12MeV);
Contatos: Doutora Laura Sordi, física;
Doutor Cláudio, engenheiro eletrônico;
(27.10.78).
- 4 - Centro de Oncologia de Campinas; Acelerador Linear de Eléctrons "CGR-Sagitaire" (32MeV);
Contatos: Doutor Carlos Eduardo de Almeida, físico;
Doutor Mario, Engenheiro Eletrônico;
(09.11.78).

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

5 - ETE - Pinheiros;

Contatos: Engenheiro Paulo Cesar;
Senhor Helvécio;
(06.10.78 e 13.10.78).

6 - ETE - Vila Leopoldina;

Contatos: Engenheiro Anquise;
Engenheiro Vilela;
Engenheiro Paulo César;
(19.10.78).

7 - ETA - Guarã;

Contatos: Engenheiro Manoel (da Ambitec);
Engenheiro Schmidt;
Engenheiro Manoel (da SABESP);
(21.11.78 e 11.12.78).

8 - Unidade de Esterilização de ^{60}Co (175.000 Curies),
da Ethicon Sutures S.A., Subsidiária da Johnson
& Johnson do Brasil, em São José dos Campos.

Contatos: Doutor Maurício Rodrigues Alves, Superin-
tendente;
Doutor José A. A. do Amarante, Consultor
Científico;
Doutor Sílvio A. C. Camba, Gerente de
Qualidade;
(15.12.78).

Observações:

1 - Nas visitas de números 2, 3 e 4 fomos acompanhados
pelo Engenheiro Eletrônico da GAT, Engenheiro Hen-
rique Monteiro Alves, na visita nº 7 por outros
engenheiros da GAT.

8.0 - BIBLIOGRAFIA.

- 1 - High Energy Electron Radiation of Wastewater Liquid Residuals.
- Equipe do MIT, Trump, J.G. et alli, 1977.
- 2 - The Technology and Economics of Treating Municipal Sludge With Electron Beam Radiation
- Cleland, M. R., 1977.
- 3 - Technical Requirements For High - Power Electron Beam Accelerators for the Miami, Dade County Sewage Treatment Plant
- Cleland, M. R., 1977.
- 4 - L'Assainissement Electronique
- Gallien, C.L., et alli, 1978.
- 5 - Colóquio Franco-Brasileiro Sobre Saneamento Eletrônico.
- Gallien, C. L., et alli, 1978.
- 6 - Station D'Assainissement Eletronique Destinee Au Bresil (project)
- (CGR - MeV), 1978.
- 7 - Dynamition Electron Beam Processing of Rubber and Plastics
- (RDI) - Becker, R. C. (p), 1976.
- 8 - Electron Beam Processing of Wire & Cable Insulation
- (RDI) - Bly, J.J. (p), 1976.

- 9 - "Radiation For A Clean Environment", "Proceedings" de Conferência Internacional, em Munique, 1975(p).
- 10 - Gamma Radiation Processing Seminar, "Proceedings", Ottawa, 1975 (p).
- 11 - Radiosterilization of Medical Products; "Proceeding", Bombay, 1974 (p).
- 12 - Manual of Food Irradiation Dosimetry; IAEA, - T.R.S., nº 178 (p).
- 13 - Medical X-Ray and Gamma - Ray Protection For Energies Up to 10MeV - Structural Shielding Design and Evaluation.
- NCRP - nº 34, (p).
- 14 - Las Radiaciones Ionizantes Como Metodo Para Conser_{var} Alimentos.
- Ritacco, M.; 1974, A.A.T.N.
- 15 - Preparação de Compostos Plásticos - Celulósicos Utilizando Radiação Gama de Alta Energia.
- Rosa, M.C.F.; 1978, IEA.
- 16 - Projeto da Câmara de Irradiação para um Acelerador Industrial de Eléctrons de 1,5MeV e 25mA.
- Castagnet, A.G.C.; et alli, 1974, IEA.
- 17 - The Status & Future of Ozone for Water & Wastewater Treatment.
- Lacy, W.J.; et alli, 1977.
- 18 - Yield of Ozone in the Pulse Radiolyses of Gaseous Oxygen at Very High Dose Rate. Use of this System

- as a Dosimeter.
- Ghorneey, J.A.; et alli, 1969, ORNL.
 - 19 - Ozone Synthesis for Water Treatment By High Energy Radiation.
 - Steinberg, M.; et alli, 1969, BNL
 - 20 - Catálogo Completo e Manual de Instruções, do Acelerador de Eléctrons Modelo "Sagitaire" da CGR (38MeV).
 - 21 - Catálogos diversos sobre Aceleradores de Eléctrons Industriais da "Radiation Dynamics".
 - 22 - Encibra S.A., Credenciais; Lagoas de Estabilização Parâmetros e Projeto.
 - Ludwig, R.G.; 1974.
 - 23 - Les Dechets Solides: Propositions Pour Une Politique.
 - Serie: Environnement, 1974.
 - 24 - Planos Diretores: Recursos Hídricos, Saneamento e Controle da Poluição das Águas na RMSP - Sanegran.
 - Revista DAE, Edições nºs 110 e 111; 1977.
 - 25 - Resíduos Sólidos Hospitalares.
 - Machado Jr., M.C.; et alli, 1978, CETESB.
 - 26 - Catálogos diversos sobre Aceleradores de Eléctrons da "Varian".
 - 27 - Radiation Treatment of Waste Water.
 - Ballantine, D.S.; 1978, Water Pollution Control, U.77 nº 1.

- 28 - ELIT Type Pulse Electron Accelerators Based on a Tesla Transformer.
- Wasserman, S.B.; Sterilizing by Ionizing Radiation, Montreal, 1973.
- 29 - Developments in Transformer Accelerators and the Technology of Pulsed Electron Sterilization at Ultra-High Dose Rates.
- Nablo, S.V.; Sterilizing by Ionizing Radiation, Montreal, 1973.
- 30 - Advances in Electron Beam Linear Accelerator Technology.
- Haimson, J.; Sterilizing by Ionizing Radiation, Montreal, 1973.
- 31 - High - Voltage Electron Accelerators With Local Biological Shield.
- Ivanov, A.S.; Sterilizing by Ionizing Radiation, Montreal, 1973.
- 32 - DC Accelerators.
- Ramler, W.J.; Sterilizing by Ionizing Radiation, Montreal, 1973.
- 33 - Second International Meeting on Radiation Processing.
- Miami, 1978.
- 34 - New Advances in Irradiated Foods.
- Foods of Tomorrow, 1973, Food Processing.
- 35 - The High Dose and the Low Dose Food Irradiation Program in the United States.
- Brynjolfsson, A.; U.S. Army Natick R & D Command, 1978.

- 36 - Draft General Standard for Irradiated Foods and
Draft Code of Practice for Operation of Radiation
Facilities Used for the Treatment of Foods.
- Meeting of Codex Alimentarius Com., 1978.
- 37 - Recommendation of the Panel on Low-Dose Irradiation
of Fish and Products.
- FDA, 1978.
- 38 - The Economics of Electron Accelerators in the
Preservation of Food by Irradiation.
- Morganstern, K.H., Sy. on Food Pres. by Ir.,
Wageningen, 1977.
- 39 - Electron Beam Sterilization Technology.
- Bly, J.H.; Miami, 1978.
- 40 - The effect of Gamma Radiation on Yields of Methane
gas from the Anaerobic Bacterial Digestion of
Sewage Sludge.
- Morse J.G.; et alli, Colorado Energy Research
Institute, 1978.
- 41 - Accelerators Requirements for the Disinfection of
sludge with high energy electrons.
- Cleland, M.R.; "Waste Irradiation", ESNA, 1978.
- 42 - Radiation Pre Treatments for Optimizing the Sugar
Yield in the Acid Hydrolysis of Waste Cellulose.
- Brenner, W.; et alli, 1978.
- 43 - The Saccharification of Agricultural Residues
- Dunning, J.W.; et alli, Ind. Ard. Eng. Chem.,
V-37, n° 7.

- 44 - Chemicals From Wood - Outlook for the Future.
- Goldstein, I.S., North Cas. S.U., 1978.
- 45 - Quantitative Saccharification of Wood and Cellulose
- Saeman, J. F.; et alli, U.S. Dep. of Agr.
- 46 - Radiation: The New Processing Technique for the
Chemical and Plastic Industries.
- R.D.I.
- 47 - The Prospects For Very High - Power Electron
Accelerators for Processing Bulk Materials.
- Cleland, M.R.; et alli, Int. Meeting on Rad. Proc.,
Puerto Rico, 1976.
- 48 - Radiation Processing With Electron Beam
Accelerators Present and Future Applications.
- Morganstern, K.H.; World Elect. Cong. Moscow,
1977.
- 49 - Why the Dynamition?
- RDI.
- 50 - Curing Coatings by Electron Irradiation
- Morganstern, K.H.
- RDI-PVP.
- 51 - Application of Electron Beam Techniques to the
Wire and Cable Industry.
- Malnati, R.L., Conf. on Elec. Ins. and W. Tec.,
1971.
- 52 - Choosing an Accelerator for the Irradiation of
Wire and Cable.
- Bly, J.H.; 1st Inst. Meeting on Rad. Proc.,
Puerto Rico, 1976.

- 53 - Electron Beam Crosslink Irradiation of Wire and Cable Insulation.
- Wire Association, 1977.
- 54 - Recovering Useful Products from Refuse and Agricultural Wastes.
- 55 - Technical Papers Index, Number 1 Through 423, 1975.
- 56 - Clean Fuels From Biomass and Wastes - Utilization of Waste Cellulose for Production of Chemical Feedstocks via Acid Hydrolysis.
- Brenner, W.; et alii, Sponsored by Inst. of Gas Techn., 1977.
- 57 - Radiation Treatment of Solid Wastes.
- Brenner, W.; et alii, N.Y.U., 1976.
- 58 - High Energy Ionizing Radiation Pre Treatments of Cellulose for Optimizing the Utilization of Wood Residues and other Carbohydrate Wastes.
- 1974.
- 59 - Enzymatic Conversion of Cellulosic Materials: Technology and Applications.
- Gaden Jr., E.L.; et alii, Biotechnology and Bioengineering Sym., 1976.
- 60 - Modification of Cellulose Fine Structure- Effect of Thermal and Electron Irradiation Pretreatments
- Millet, M.A.; et alii, Tech. Ass. of the Pulp and Paper Ind., 1965.

- 61 - Cost and Value of Pathogen Reduction for Land Application of Sludges
- H.S. Sivinski, M.E. Morris; Sandia Laboratories, 1978.
- 62 - Recent Developments in The Sandia Laboratories Sewage Sludge Irradiation Program.
- H.S. Sivinski et alli, Sandia Laboratories, 1977.
- 63 - Methods to Inactivate Enteric Viruses in Wastewater Sludge
- R.L. Ward et alli, Sandia Laboratories, 1978.
- 64 - Moisture Effects on Inactivation and Growth of Bacteria and Fungi in Sludges
- J.R. Brandon et alli, Sandia Laboratories, 1978.
- 65 - Progress Report Beneficial Uses Program Period Ending September 30, 1977.
- Sandia Laboratories, 1978.
- 66 - Report on Technical and Economic Factors in The Beneficial Use of Radiations in Municipal Sludge Management
- Sandia Laboratories and Battelle - Pacific Northwest Laboratories, 1977.
- 67 - Parasites in Soil/Sludge Systems
- J.R. Brandon; Sandia Laboratories, 1978.
- 68 - Progress Report Beneficial Uses Program Period Ending March 31, 1978.

- 69 - Progress Report Beneficial Uses Program
Period Ending June 30, 1978
- Sandia Laboratories, 1979.
- 70 - Progress Report Beneficial Uses Program
Period Ending December, 31, 1977.
- Sandia Laboratories, 1978.
- 71 - Sewage Sludge Disinfection Using Cesium - 137
- Sandia Laboratories, 1978, (Brochure).
- 72 - Radiation Sterilization of non-wovens
- A.G. Davies, AECL, 1976.
- 74 - Gamma Sterilization Installations
- AECL, 1978, (Catálogo).
- 75 - Hygienization of Sewage Sludge by Gamma
Irradiation - Experience With an Operating Plant
- T. Lessel, et alli, 1978, Pergamon Press.

OBSERVAÇÕES SOBRE A BIBLIOGRAFIA.

- 1 - Os sinais (p) significam livros ou publicações não pertencentes aos arquivos da GAT/CETESB.
- 2 - Foram efetuadas listagens da IAEA e do NCRP para encomenda de publicações pertinentes ao assunto.
- 3 - Foram efetuadas consultas em bibliotecas da USP e da firma Embrarad.
- 4 - Na Biblioteca da CETESB, além de consultas a publicações específicas, foram pesquisados os Abstracts: Water Resources e Ozone Chemistry and Technology, referentes aos anos mais recentes.
- 5 - Em consequência do mencionado nos dois itens precedentes, bem como de publicações recebidas da Gerência, foi efetuado um registro de artigos e publicações para aquisição ou consulta em época oportuna.

São Paulo, 12 de fevereiro de 1979

Azor Camargo Penteado Filho