

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R. 1266
1 de abril de 1993

ORIGINAL: ESPAÑOL

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**EMPRESAS LIDERES EN DESARROLLO, APLICACION Y DIFUSION DE TECNOLOGIAS
AMBIENTALMENTE RACIONALES EN AMERICA LATINA: LOS CASOS DE
DESARROLLO DEL BIODIGESTOR DE FLUJO ASCENDENTE Y DEL
SISTEMA DE ELIMINACION DE FLUORUROS EN AGUAS DE ABASTECIMIENTO
PUBLICO POR LA COMPAÑIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMIENTO
AMBIENTAL -CETESB-, SAO PAULO, BRASIL**

El presente documento fue preparado, en su versión original en portugués por la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental -CETESB- en respuesta a una solicitud formulada por la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL. Los autores son la Quim. Sônia Maria Manso Viera, Gerente do Setor de Pesquisa de Efluentes Domésticos, el Ing. José Angelo Valetim, Gerente do Setor de Desenvolvimento de Tecnologia y el Ing. Paulo Tetuia Hasegawa, Gerente del Departamento de Pesquisa Tecnológica Ambiental. Las opiniones expresadas en este documento son de la exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

93-4-314

INDICE

Página

I.	LA PRESENTACION DEL CASO	1
II.	LA HISTORIA DE LOS DESARROLLOS TECNOLOGICOS DE LA COMPAÑIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL	2
1.	La misión de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental	2
2.	Biodigestor de flujo ascendentes y manto de lodo (reactor UASB) para el tratamiento de aguas servidas	3
3.	Eliminación del exceso de iones de flúor en las aguas de abastecimiento público	5
4.	Gestión tecnológica	6
	BIBLIOGRAFIA	8

I. LA PRESENTACION DEL CASO*/

El presente caso de desarrollos tecnológicos de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental - CETESB-, Sao Paulo, es excepcional dentro de la serie "Empresas líderes en desarrollo, aplicación y difusión de tecnologías ambientalmente racionales". En efecto, la CETESB no es una empresa industrial sino un organismo ejecutor de la política gubernamental de protección del medio ambiente en el Estado de Sao Paulo. En América Latina y El Caribe es uno de los pocos, y probablemente el único organismo público, entre aquellos con funciones de fiscalización, que también está empeñado en el desarrollo de tecnologías de protección ambiental.

En el documento se presentan dos casos de desarrollos tecnológicos: un biodigestor anaeróbico para el tratamiento de aguas servidas domésticas y un sistema para reducir el contenido de fluoruro en aguas destinadas al consumo humano. En el primer caso se trataba de poner a punto una tecnología de menor costo de inversión y de menores requerimientos de espacio que los sistemas convencionales para el tratamiento de las aguas servidas municipales. El tema es altamente relevante para la región. En un reciente estudio de la CEPAL, El manejo del agua en las áreas metropolitanas de América Latina (LC/R.1156), se estima que en la región menos de 10% de los sistemas de alcantarillado tratan las aguas servidas en forma adecuada y estos sistemas, a su vez, cubren menos de 2% del caudal total de los desechos. En casi todas las grandes áreas urbanas de los países de la región, las aguas cloacales se descargan en el curso de agua más cercano.

En el segundo caso, el desafío consistía en desarrollar una tecnología para remover el exceso de fluoruro de aguas destinadas al consumo humano. Las napas de agua subterráneas son importantes fuentes para el abastecimiento público porque suelen estar menos expuestas a la contaminación. Sin embargo, estas aguas pueden presentar altos contenidos de sales solubles, como por ejemplo los de flúor, extraídas de las rocas en forma natural. La presencia de iones flúor en aguas potables, en concentraciones superiores a los patrones fijados por la Organización Mundial de la Salud puede provocar problemas óseos y dentarios. El problema es grave en el Estado de Sao Paulo, donde de los 20 000 pozos profundos perforados, un número significativo presenta concentraciones excesivas de iones flúor, tornando el agua inadecuada para el consumo humano. Sin embargo, en algunos casos es la única fuente de agua disponible.

Una pregunta que suscitan estos casos es ¿por qué se ocupó una entidad pública del desarrollo de tecnologías? ¿Por qué no lo hicieron empresas privadas? Una de las posibles respuestas es que en ambos casos las demandas son de carácter social y no han sido atendidas por una asignación suficiente de recursos. Tradicionalmente, el tratamiento de las aguas servidas y el abastecimiento de agua potable son asegurados por servicios municipales y en gran parte de la región los municipios experimentan una escasez de recursos de inversión, y hasta de operación, frente a crecientes necesidades de proveer servicios comunitarios. La falta de un mercado seguro y posiblemente ciertas actitudes conservadoras arraigadas en las empresas de servicios municipales pudieron haber desincentivado a las empresas privadas a embarcarse en la búsqueda de soluciones tecnológicas nuevas.

*/ Nota introductoria de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL.

II. LA HISTORIA DE LOS DESARROLLOS TECNOLOGICOS DE LA COMPAÑIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL**/

1. La misión de la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental

Desde su creación, en 1973, la Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental -CETESB- ejerce atribuciones jurídicas en relación con la fiscalización de la contaminación y preservación de la calidad del medio ambiente en el ámbito territorial del Estado de São Paulo, así como en el desarrollo de investigaciones y tecnologías relacionadas con su esfera de acción.

La CETESB, con un programa permanente de capacitación técnica, cuenta actualmente con una plantilla de 3 041 funcionarios, de los cuales 1 024 de nivel universitario (ingenieros, biólogos, químicos, geólogos, geógrafos, bioquímicos, matemáticos, economistas, administradores de empresa, abogados y otros).

Su estructura orgánica comprende un consejo de administración, una presidencia y seis direcciones, a saber: la dirección administrativa y financiera; la dirección de normas del medio ambiente; la dirección de fiscalización de la contaminación en las áreas interiores; la dirección de fiscalización de la contaminación en las regiones metropolitanas; la dirección de capacitación y transferencia de tecnología y la dirección de investigación y desarrollo de tecnología.

Entre los diversos programas en ejecución en la esfera del saneamiento ambiental pueden mencionarse las medidas permanentes de fiscalización de la contaminación de origen industrial, previstas en la ley 997/76 y el decreto 8468/76, tanto de carácter preventivo (mediante la administración del sistema de licencias) como correctivo cerca de las fuentes de contaminación existentes. Destácanse las realizadas en la región metropolitana de São Paulo, el polo industrial de Cubatão y últimamente, como programa específico, la recuperación del Río Tietê. La CETESB participa activamente en el PROCONVE (programa de fiscalización de la contaminación del aire causada por vehículos automotores) en calidad de agente técnico. Cabe destacar también los programas permanentes de vigilancia y calidad del medio ambiente, como los relativos al examen de la calidad del aire en la región metropolitana y Cubatão (a través del sistema de telemetría con 25 estaciones), la calidad de las aguas interiores del Estado de São Paulo, (con recolección de muestras bimestrales en 101 puntos de las 29 cuencas hidrográficas) y la determinación de aptitud de las playas del litoral paulista para el baño, con recolecciones semanales en 113 puntos distribuidos en 100 playas.

En la esfera de la investigación y desarrollo de tecnologías, la CETESB mantiene en permanencia programas relacionados con los sistemas de tratamiento de efluentes domésticos e industriales; sistemas de tratamiento del agua y su abastecimiento público; tratamiento, reaprovechamiento y eliminación final de desechos sólidos provenientes de hogares, hospitales e industrias, así como estudios relacionados con las emisiones de los vehículos y la evaluación y recuperación de los ecosistemas degradados por la contaminación. Entre las diversas labores realizadas se describirá a continuación el desarrollo de tecnologías para el tratamiento de aguas servidas domésticas con biodigestores y la eliminación del exceso de flúor en el agua de abastecimiento público.

**/ Informe de CETESB

La CETESB mantiene contactos científicos y tecnológicos permanentes con entidades y universidades mediante contratos y convenios tanto para la realización de estudios como para la capacitación técnico-científica de profesionales. Entre otros, pueden citarse la Universidad de São Paulo (USP), la Universidad Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (UNESP), la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP) y el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IPT). En el ámbito internacional, cabe mencionar, entre otras, a las siguientes entidades: Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud (OMS/OPS); Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS); Organismo de Protección del Medio Ambiente (EPA); Environment Canada; Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) de Alemania; Organismo Japonés de Cooperación Internacional (JICA) del Japón y SEDESOL de México.

2. Biodigestor de flujo ascendentes y manto de lodo (reactor UASB) para el tratamiento de aguas servidas

a) Descripción sintética de la tecnología desarrollada

La tecnología consiste en un reactor proyectado para el tratamiento de las aguas servidas. El reactor es un estanque con un decantador en la parte superior y un deflector de gases. En el reactor de flujo ascendente el sistema de admisión se hace por la parte inferior y los residuos circulan en una corriente ascendente.

El principio básico de funcionamiento del reactor de flujo ascendente es la separación de las tres fases sólida, líquida y gaseosa para la acumulación de la biomasa en su interior. Esa biomasa tiene por función la degradación de la materia orgánica del afluente que será objeto de tratamiento.

Las aguas servidas pasan a través de ese manto de lodo que contiene microorganismos activos encargados de descomponer su materia orgánica. Las condiciones hidráulicas impuestas a esa capa de lodo le confieren asimismo buenas condiciones para la sedimentación y favorecen su acumulación dentro del reactor.

Los parámetros del proyecto de reactor de flujo ascendente, desarrollado en los Países Bajos, apuntaban al tratamiento de grandes caudales de efluentes con elevada carga orgánica, es decir, la aplicación de grandes cantidades de material orgánico en estanques de pequeño volumen. La viabilidad del tratamiento de grandes caudales de efluentes diluidos exigía la aplicación de grandes cargas hidráulicas en estanques de pequeño volumen. Entonces se trató en la CETESB de adaptar los parámetros del proyecto de ese reactor al tratamiento de efluentes diluidos. Los resultados desembocaron en la construcción del reactor, en un principio a escala semiexperimental (106 litros) y luego con un aumento de la capacidad a 120 m³.

Los resultados revelaron que se podían tratar las aguas servidas domésticas en un sistema compacto, sin necesidad de equipos electromecánicos de agitación y aeración.

La eliminación de la materia orgánica tiene una eficiencia de 15% a 20% inferior a la que se obtiene utilizando los sistemas aeróbicos convencionales.

Se han publicado varios trabajos (véase la bibliografía). Los resultados de cinco años de funcionamiento del reactor de flujo ascendente de 120 m³ para tratamiento de aguas servidas domésticas dan cuenta de una eficiencia de eliminación del total de sólidos en suspensión (TSS), demanda bioquímica

de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) del orden de 70%, 70% y 60% respectivamente, con tiempo de detención hidráulica de seis a ocho horas (Véase Vieira, 1992b).

b) Cronología del desarrollo del reactor de flujo ascendente

A finales del decenio de 1970 la situación del saneamiento ambiental era precaria. Podía decirse que la preocupación por las aguas servidas se limitaba solamente a la recolección de las aguas negras. La mayoría de las ciudades brasileñas no tenía —y hasta la fecha no posee— sistemas de tratamiento de aguas servidas. Lo mismo sucedía en el Estado de São Paulo. El problema se agravaba en la región metropolitana de São Paulo debido a la urbanización y la mayor densidad de la población.

El análisis de las opciones tecnológicas existentes y más utilizadas en las áreas urbanas revelaba lo siguiente: para el tratamiento de pequeñas cantidades de aguas negras se empleaban pozos sépticos y los efluentes desembocaban en sumideros y zanjas de filtración o infiltración. Para el tratamiento de grandes cantidades de aguas servidas se podía recurrir a los sistemas compactos aeróbicos, como fango activado y sus derivados. Estos sistemas son costosos y complejos, lo que dificulta su utilización. Para la región metropolitana de São Paulo existía un proyecto desde 1976, basado en el sistema de fango activado, de difícil ejecución debido al alto costo de la inversión. Por consiguiente, era preciso buscar opciones tecnológicas para el tratamiento de las aguas servidas que se ajustaran más a la realidad brasileña.

En 1983 la Associação Brasileira de Normas Técnicas revisó la norma relativa a los pozos sépticos e incluyó el tratamiento de efluentes con filtros anaeróbicos. La CETESB estudió esta opción entre 1980 y 1982 (véase Vieira, 1988) y comprobó que se podían eliminar grandes cantidades de materia orgánica sobrante en los pozos sépticos mediante el procedimiento anaeróbico. Al mismo tiempo se realizaban investigaciones en la CETESB (véase Vieira, 1984) para el tratamiento anaeróbico del "vinhoto" (guarapo) mediante filtros anaeróbicos de alta capacidad semillenos y por conducto del reactor de flujo ascendente, este último desarrollado y en ese entonces recién divulgado por el grupo del Dr. Gatzke Lettinga de la Universidad de Wageningen en los Países Bajos. (Véase Vieira, Pacheco y Souza, 1987.)

Una vez reunidos todos esos conocimientos técnicos, se llegó a la conclusión de que se podían tratar las aguas servidas domésticas en reactores anaeróbicos de alta capacidad. Entre los que habían sido objeto de mayores investigaciones a nivel mundial (reactor de contacto, filtro anaeróbico y reactor de flujo ascendente), se optó por buscar la manera de adaptar el reactor de flujo ascendente para tratar efluentes líquidos, ya que este último parecía ser el más sencillo y económico. Comenzó entonces en 1983 el proyecto de desarrollo del reactor de flujo ascendente para el tratamiento de las aguas servidas domésticas. Para este proyecto se utilizaron solamente fondos de la propia CETESB, ya que no se contó con recursos de otros organismos nacionales o internacionales. La investigación se llevó a cabo en las siguientes etapas:

i) En el año 1983: Proyecto de reactor de flujo ascendente a escala semiexperimental para el tratamiento de afluentes domésticos. Para ello se efectuó un estudio a fondo del funcionamiento del reactor de flujo ascendente que tratara efluentes de elevada carga orgánica, desarrollado por Lettinga y otros. La base principal del estudio eran los parámetros del reactor proyectado. En esta fase fue importante la experiencia anterior del grupo en el campo de la digestión anaeróbica.

ii) Período 1983-1984: Funcionamiento del reactor de flujo ascendente de 106 litros proyectado para tratar efluentes diluidos (aguas servidas domésticas).

iii) Año 1985: Continuación de las experiencias con el reactor de 106 litros con la modificación de algunos parámetros; divulgación de los resultados y búsqueda de apoyo a escala real a fin de realizar una prueba del aumento de escala.

iv) Período 1985-1986: Instalación de un reactor de 120 m³ en la CETESB y primeras pruebas.

v) Período 1987-1991: Funcionamiento y relevamiento de datos del reactor de flujo ascendente de 120 m³ y tratamiento del alcantarillado doméstico, divulgación de los resultados; estudios de postratamiento de efluentes mediante cloración y ozonización.

vi) Año 1992: Continuación del funcionamiento del reactor; estudios de tratamiento secundario de efluentes mediante filtros de cellisca y fango activado.

3. Eliminación del exceso de iones de flúor en las aguas de abastecimiento público

a) Descripción de la tecnología desarrollada

La tecnología adoptada por la CETESB para eliminar el exceso de iones de flúor en las aguas de abastecimiento público se basa en el principio de la absorción mediante óxido de aluminio activado. Se trata de una adaptación tecnológica cuyo desarrollo inicial tuvo lugar en los Estados Unidos en 1937. (Véase Vieira y Souza, 1986.)

Los principales parámetros tenidos en cuenta en la concepción de la columna de eliminación de los iones de flúor fueron los siguientes:

- porosidad de la alúmina: 42 %;
- peso específico de la alúmina (a 20° C): 1990 g/m³;
- granulometría de la alúmina: $0,30 \geq d \geq 0,59$ mm;
- tiempo de detención hidráulica: 1,6 minuto;
- altura del lecho de alúmina: $D/2$ (D = diámetro de la columna);
- expansión del lecho de alúmina: 70 %.

La unidad para eliminar el flúor fue desarrollada teniendo en cuenta dos operaciones básicas: la eliminación de los iones de flúor propiamente dichos y la regeneración del lecho de alúmina activada. Para eliminar los iones de flúor el agua ordinaria debe ingresar a la columna con un pH de entre 5,0 y 6,0 y atravesar el lecho de alúmina en forma descendente. Cuando la concentración de iones de flúor en el efluente es de aproximadamente 1,0 mg/l se cierra el ciclo de eliminación y comienza el ciclo de regeneración del lecho de alúmina. La regeneración consiste en lavar la alúmina con una solución alcalina en una corriente ascendente y su ulterior neutralización con una solución ácida con un pH de 2,5. La neutralización se completará cuando el pH de la solución de lavado alcance aproximadamente 5,5 (véase Vieira y otros, 1987). En la actualidad la CETESB está a punto de terminar el proyecto técnico del sistema de eliminación del flúor en las aguas de abastecimiento de la ciudad de Pereiras, en el Estado de São Paulo, sobre la base de los conocimientos adquiridos.

b) Cronología del desarrollo del sistema de eliminación del flúor

Se ha comprobado con frecuencia la presencia de elevadas concentraciones de iones de flúor en las aguas subterráneas provenientes de distintos pozos perforados en el Estado de São Paulo. Esta situación ha representado hasta el momento una gran dificultad tecnológica y muchas veces ha constituido un grave problema de índole económica, debido a la necesidad de asignar cantidades considerables de recursos destinados a la sustitución de los pozos contaminados por el exceso de iones de flúor. Más aún, la falta de manantiales superficiales alternativos para el suministro ha provocado graves problemas de salud pública.

Ante esta situación, la CETESB encaminó sus esfuerzos a solucionar dicho problema mediante el ensayo de varios de los procedimientos de eliminación que se mencionan en las publicaciones especializadas internacionales, entre los cuales el que emplea alúmina activada se reveló ventajoso respecto de los otros productos (véase Vieira y otros, 1987). La carencia de ese material en el mercado nacional orientó inicialmente los trabajos al desarrollo de una alúmina activada capaz de eliminar iones de flúor y resistir la absorción y la reacción química, similar a las mejores alúminas ensayadas de origen estadounidense y alemán. Una vez resuelto este problema se probó el producto elaborado en laboratorio con resultados muy satisfactorios.

La siguiente etapa consistió en proyectar y construir una unidad experimental que se instalaría y funcionaría en una localidad que tuviese agua con un contenido de flúor superior a las normas establecidas. A causa de las dificultades de producir la alúmina desarrollada por la CETESB a escala industrial, se buscó un producto similar para continuar los trabajos. Para tal fin se contó con la contribución de la empresa ALCOA (Aluminio do Brasil, S.A.) que, además de la alúmina activada, suministró diversos materiales y equipos necesarios para el funcionamiento de la unidad experimental.

4. Gestión tecnológica

Para el desarrollo de las investigaciones y la tecnología la CETESB cuenta con una infraestructura básica de laboratorios de investigación y ensayos rutinarios. Desde el decenio de 1970 y en 1980 se hicieron grandes ampliaciones con la construcción de la planta experimental del laboratorio de investigación.

La CETESB administra sus proyectos según un sistema de planes, programas y proyectos. Cada proyecto, incluido en un programa más amplio que a su vez forma parte de un plan de la CETESB, se revisa para determinar si permanece o no dentro de las actividades de ésta. El seguimiento de los proyectos se hace mensualmente.

En los últimos años ha habido una directriz común. Los intercambios, asociaciones y convenios se han producido más frecuentemente con las universidades e instituciones oficiales (institutos de investigación, municipalidades, etc.) que con las empresas del sector privado. En el caso de los estudios realizados en relación con el reactor de flujo ascendente, la investigación se hizo sin vinculación con organismos nacionales o internacionales.

La transferencia de tecnología tiene lugar más fácilmente con instituciones oficiales, sobre todo porque en este caso se hace en virtud de un régimen de asociación que no implica incurrir en gastos.

El sector privado tiene acceso a las tecnologías a través del programa de divulgación, que incluye cursos, charlas, seminarios y publicaciones que la CETESB organiza y administra. En el decenio de 1970, al comenzar las actividades de fiscalización, se realizaron varios trabajos en asociación con empresas privadas, principalmente en busca de soluciones para el tratamiento de efluentes en general. Para el tratamiento de las aguas servidas domésticas la utilización de la tecnología ha sido más limitada. Una de las causas es la falta de recursos, para la implantación y operación de sistemas de tratamiento. El hecho de tratarse de una nueva tecnología ha sido también un obstáculo difícil de superar en vista del conservadurismo imperante en la esfera del saneamiento ambiental.

Un ejemplo exitoso —que vale la pena consignar— de transferencia de tecnología del reactor de flujo ascendente para tratar aguas servidas domésticas es el caso del trabajo realizado con el Departamento de agua potable y alcantarillado de la municipalidad de Sumaré, en el Estado de São Paulo. Allí existe actualmente un sistema que utiliza un reactor de flujo ascendente para tratar las aguas servidas de un parcelamiento de 1 500 habitantes. El sistema se construyó con recursos aportados por los habitantes y el Departamento de agua potable y alcantarillado de Sumaré y funciona plenamente desde mayo de 1992.

Las vinculaciones del área de investigación se han hecho con otros centros nacionales de manera informal, pero la CETESB, mediante el intercambio de informaciones en encuentros, seminarios y congresos, también ha ofrecido numerosas pasantías y cursos de capacitación práctica especializada. La cooperación técnica internacional también se ha producido principalmente mediante cursos y capacitación.

BIBLIOGRAFIA

- Hasegawa, P.T. y otros (1991), "Remoção de fluoretos de águas de abastecimento público", Anais do 16 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rfo de Janeiro, ABES.
- Lettinga, G. y otros (1980), "Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment", Biotechnology and Bioengineering, vol. 22, N° 4.
- Savinelli, E.A. y A.P. Black (1958), "Defluoridation of water with activated alumina", Journal AWWA, enero.
- Seixas, M.E.P y otros (1987), "Alúmina ativada para a desfluoretação de águas", Revista DAE, vol. 47, N° 148.
- Souza, M.E. (1987), "Criteria for the utilization design and operation of UASB reactors", Water Science and Technology, vol. 18, N° 12.
- Souza, M.E. y A.D. Garcia Jr. (1986), "Utilização de digestores anaeróbios de fluxo ascendente para o tratamento de vinhoto", Revista DAE, vol. 46, N° 145.
- Souza, M.E y otros (1987), "Demonstração em scala real da tecnologia de tratamento de esgoto doméstico por digestor anaeróbio de fluxo ascendente: primeiros resultados", Anais do 14 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rfo de Janeiro, ABES
- Souza, M.E. y S.M.M. Vieira (1986), "Uso do reator UASB para tratamento de esgoto sanitário", Revista DAE, vol. 46, N° 145.
- Vieira, S.M.M. (1992a), "Operation results and recommendations for design and utilization", Water Science and Technology, vol. 25, N° 7.
- _____ (1992b), "Tratamento anaeróbio de esgotos domésticos", Revista ambiente, vol. 6, N° 1.
- _____ (1988), "Anaerobic treatment of domestic sewage in Brazil: Research results and full scale experience", Proceedings of the Fifth International Symposium of Anaerobic Digestion, Bolonia, Monduzzi Editore.
- _____ (1984), "Tratamento de esgotos por digestores anaeróbios de fluxo ascendente" Revista DAE, vol. 44, N° 139.
- Vieira, S.M.M., C.E.M. Pacheco y M.E. Souza (1987), "Efeito da variação de vazão em digestor anaeróbio de fluxo ascendente tratando esgoto doméstico", Anais do 14 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rfo de Janeiro, ABES.
- Vieira, S.M.M. y M.E. Souza (1986), "Development of technology for the use of the UASB reactor in domestic sewage treatment", Water Science and Technology, vol. 18, N° 12.

Vieira, S.M.M. y otros (1987), "Tratamento de esgotos por digestão anaeróbia", Ambiente, vol. 1, N° 3.

Vieira, S.M.M. y P. Alem S° (1983), "Resultados de operação e recomendações para o projeto de sistemas de decanto-digestor e filtro anaeróbio para o tratamento de esgotos sanitários", Revista DAE, vol. 44, N° 135.

