

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

**A UTILIZAÇÃO DA ZEÓLITA NA REMOÇÃO DE  
NUTRIENTES DO EFLUENTE DE DEJETOS SUÍNOS**

Luana Goulart Sardá

Florianópolis (SC)  
2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA

## **A UTILIZAÇÃO DA ZEÓLITA NA REMOÇÃO DE NUTRIENTES DO EFLUENTE DE DEJETOS SUÍNOS**

Luana Goulart Sardá

Relatório de conclusão de curso  
apresentado ao Curso de Agronomia da  
Universidade Federal de Santa Catarina,  
para a obtenção do título de Engenheira  
Agrônoma.

Florianópolis (SC)  
2006

## **LOCAL E DATA DE REALIZAÇÃO DO ESTÁGIO**

Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira – EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves – CNPSA localizado no município de Concórdia - SC.

Período de realização do estágio – 22/05/2006 a 21/07/2006.

## **COMISSÃO DE ORIENTAÇÃO**

**Orientador** – Jucinei José Comin

Engº Agrônomo – Dr. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Catarina.

**Supervisora** – Martha Mayumi Higarashi

Química – Dr. Pesquisadora do Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves da Empresa Nacional de Pesquisa Agropecuária Brasileira (EMBRAPA/CNPSA).

## AGREDICIMENTOS

À minha querida e eternamente amada mãe, que dos jardins celestes segue guiando minha jornada por este mundo.

Ao meu querido e amado pai, pela oportunidade de ter conseguido calcar este degrau, e pelo apoio e incentivo dado para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Ao meu amado irmão que esteve presente em todos os momentos difíceis da minha vida, obrigada pela força, apoio e companheirismo.

À minha querida tia Zélia, por todo carinho e presença constante nestes últimos anos, sou eternamente grata.

À minha querida avó Almira, por todo carinho e apoio, és fundamental na minha vida.

Ao meu querido tio Nicolau, pelo ajuda e a presença em todas as horas, sou eternamente grata.

À minha querida amiga Fernanda, pela ajuda em todos os momentos, amiga para toda vida.

Ao meu professor e orientador Jucinei, pela paciência e orientação na conclusão deste trabalho.

À professora Mônica pela presença constante no processo de desenvolvimento deste trabalho.

E a todos que fazem ou fizeram parte da minha vida, meu eterno agradecimento.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO I – Revisã bibliográfica.....</b>	<b>11</b>
<b>1 Impacto Ambiental dos dejetos de suínos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Manejo e Utilização dos dejetos de suínos.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.1 Dejetos Líquidos.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.2 Dejetos sólidos – compostagem.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.3 Utilização dos dejetos suínos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.4 Biodigestor.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Zeólitas.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO II – Metodologia e Procedimentos.....</b>	<b>25</b>
<b>2 Experimento de adsorção de nutrientes do efluente sintético – Influencia da vazão.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1 Recuperação das zeólitas.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Experimento de adsorção de nutrientes com efluente final da estação de tratamento dejetos suínos.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO III – Resultados e Discussões.....</b>	<b>29</b>
<b>3 Influência da vazão.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Adsorção de N-NH<sub>4</sub> do efluente final.....</b>	<b>31</b>
<b>CPÍTULO IV – Atividades Complementares.....</b>	<b>33</b>
<b>4 Estação de tratamento de dejetos suínos.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Propriedades suícolas.....</b>	<b>35</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura básica da zeólita.....	20
Figura 2 – Reator de adsorção.....	26
Figura 3 – Volume morto e volume 0.....	26
Figura 4 – Amostras coletadas.....	26
Figura 5 – Concentração de $N-NH_4^+$ da solução após a passagem pelas zeólitas.....	27
Figura 6 – Amostras coletadas.....	28
Figura 7 – Volume 0 e volume morto.....	28
Figura 8 - Concentração de $N-NH_4^+$ da solução após a passagem pelas zeólitas.....	29
Figura 9 - %Concentração de $N-NH_4^+$ do efluente de dejetos suínos após a passagem pelas zeólitas.....	31
Figura 10 - Esterqueiras.....	36
Figura 11 – Biodigestor.....	36

## APRESENTAÇÃO

O presente trabalho apresenta as atividades desenvolvidas durante o Estágio de Conclusão de Curso de graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Santa Catarina, realizado no período de 22 de maio a 21 de julho de 2006, totalizando 360 horas. Os trabalhos foram desenvolvidos junto a Embrapa Suínos e Aves, situada no município de Concórdia/SC, no laboratório de análises físico-químicas e a campo, envolvendo idas à Estação de Tratamento de Dejetos Suínos da Embrapa e visitas a algumas propriedades da região. As atividades desenvolvidas durante o estágio compreenderam estudos de caso com revisão bibliográfica referente à problemática ambiental gerada pelos dejetos suínos e sobre a utilização das zeólitas no tratamento de efluentes, práticas laboratoriais e saídas de campo. Como atividade complementar buscou-se conhecer a realidade dos sistemas de tratamento/armazenamento comumente utilizados pelos suinocultores da região Oeste do Estado de Santa Catarina.

A supervisão das atividades durante o estágio foi realizada pela Pesquisadora Dr. Martha Mayumi Higarashi, que atua no núcleo temático meio ambiente, coordenadora das atividades do experimento de adsorção de nutrientes do efluente de dejetos suínos, que faz parte do projeto “Dejetos suínos, impacto ambiental no uso como fertilizante, a diminuição do seu potencial poluente e alternativa de reciclagem”, coordenado pelo pesquisador Dr. Milton Antônio Seganfredo.

A Embrapa Suínos e Aves (Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves) foi criada em 1975. É constituída pelo prédio administrativo, unidades de produção e pesquisa, campo experimental, dois laboratórios (Análises físico-químicas e sanidade animal), isolamento e necropsia, biotério, incubatório, fábrica de rações, biblioteca, estação meteorológica e outras estruturas de apoio. Para atender às diferentes demandas dos diferentes segmentos da cadeia produtiva, a Unidade conta com um corpo técnico formado por 47 pesquisadores, agrupados em cinco núcleos temáticos.

Com um amplo programa de Pesquisa e Desenvolvimento para o agronegócio avícola e suínico brasileiro, a Embrapa Suínos e Aves tem a

responsabilidade de transferir para os diversos segmentos da cadeia produtiva as tecnologias, produtos e processos que desenvolve, gerando resultados para aumentar a produtividade no campo, reduzir custos, modernizar os sistemas de produção e melhorar a qualidade de vida das populações rural e urbana. Na última década, devido a poluição causada pela alta concentração de animais, a Unidade estendeu sua área de atuação a fim e contribuir mais decisivamente na questão ambiental, envolvendo a gestão ambiental dos dejetos de suínos e aves, o que a tornou importante referencial técnico na questão ambiental.

Considerando a problemática ambiental gerada pelos dejetos suínos, o presente trabalho procura conhecer o impacto ambiental gerado pela alta concentração de animais e a realidade dos sistemas de tratamento/armazenamento utilizados pelos produtores da região, e aborda a utilização da zeólita na remoção de nutrientes do efluente de dejetos suínos. O uso dessa tecnologia no sistema de tratamento de dejetos suínos poderá ajudar na conservar dos recursos naturais.



## INTRODUÇÃO

O estado de Santa Catarina destaca-se como um grande produtor nacional de suínos, sendo considerado o primeiro estado produtor e exportador de carne suína do Brasil (AGRIANUL, 2005).

Dentro do cenário mundial a China é o maior produtor de carne suína, seguida pela União Européia, Estados Unidos e Brasil, que possui como seu maior comprador a Rússia, que absorve 56,8% da sua produção (AGRIANUAL, 2005). A demanda de carne suína vem aumentando devido a epidemia de gripe do frango, que aconteceu no continente Asiático, gerando um impacto positivo nas exportações para países produtores (ANUALPEC, 2005).

Em função da importância econômica e social do setor para o estado de Santa Catarina, houve uma crescente tendência em adotar o sistema de criação em confinamento, devido a sua alta produtividade. Com isso aumentou-se a concentração de animais em pequenas áreas, o que gerou grande volume de dejetos e conseqüentemente elevou-se o nível de poluição ambiental. Os dejetos de animais, não tratados, lançados ao solo e nos mananciais de água podem causar desequilíbrios ambientais, como por exemplo, a proliferação de moscas e borrachudos, além da contaminação da água, que está ligada direta ou indiretamente a enfermidades humanas (Sobestiansky, 1998).

A sociedade atual está em transformação e busca uma vida mais saudável. Os consumidores, e conseqüentemente o mercado externo, estão mais conscientes e exigentes com relação a “qualidade ética” da produção e a preferência por processo produtivo que gere o menor dano ao ambiente e propicie condições para o bem estar animal.

O presente trabalho trata sobre o desenvolvimento de uma tecnologia que poderá ser aplicada no tratamento de dejetos suínos, visando a conservação do meio ambiente. O material de estudo, a zeólita, é um aluminossilicato hidratado por metais alcalinos ou alcalinos terrosos e destaca-se em alguns países por seu bom emprego em áreas que correm risco de contaminação dos recursos naturais, como a água e o solo, e/ou para a recuperação desses locais. No Brasil existem trabalhos publicados sobre o

material e pesquisa em desenvolvimento, mas sua aplicação na área ambiental é ainda muito pouco divulgada no país.

Parte importante do presente trabalho apresenta os resultados da experiência da utilização da zeólita na remoção de nutrientes do efluente de dejetos suínos, em especial a amônia. Procurou-se verificar as interferências que atuam no processo de remoção da amônia, na intenção de diminuir a carga de nutrientes do efluente final da estação de tratamento de dejetos suínos, evitando-se a contaminação do solo e a diminuição da poluição do ar e da água.

### **OBJETIVO GERAL**

- Avaliar a eficiência da zeólita na remoção de nutrientes, para sua posterior aplicação em sistemas de tratamento/armazenamento de dejetos suínos.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conhecer a problemática ambiental causada pelos dejetos suínos;
- Avaliar a vazão ideal do efluente sintético<sup>1</sup> para melhor eficiência da zeólita na remoção de  $\text{N-NH}_4^+$ .
- Avaliar a eficiência da zeólita na remoção de nutrientes (amônia, fósforo e potássio) do efluente final da estação de tratamento de dejetos de suínos.
- Conhecer diferentes sistemas de armazenamento/tratamento de dejetos de suínos.

---

<sup>1</sup> Solução que simula a concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  do efluente final da estação de tratamento de dejetos suínos.

## Capítulo I – Revisão bibliográfica

### 1. Impacto Ambiental dos dejetos de suínos

Devido a importância econômica da atividade suinocultura, houve a crescente tendência pela adoção de “sistemas confinados de produção” ocorrida na suinocultura a partir da década de 70, que passou a gerar grandes quantidades de dejetos. No entanto, não houve uma adequação dos sistemas de manejo e armazenamento. Desta forma, a atividade transformou-se na maior fonte poluidora dos mananciais de água de Santa Catarina (Oliveira et al., 1993).

Ao abordar a questão da poluição por dejetos de suínos, se reconhece a necessidade de uma solução, mas, ao mesmo tempo, argumenta-se que a suinocultura não comporta os custos para atender os padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Entre os argumentos são citados o baixo retorno da atividade e o custo do tratamento e, mesmo, do transporte dos dejetos. Paradoxalmente, porém, alega-se que a atividade não pode parar, pois é de cunho social e estratégica para a economia dos Estados do Sul, especialmente Santa Catarina (SEGANFREDO, 2002).

O potencial poluidor da suinocultura se deve ao fato de produzir um grande volume de dejetos contendo matéria orgânica e nutrientes e com potencial poluidor, que pelo seu armazenamento e uso inadequado tem provocado grande poluição do ar, dos recursos hídricos e do solo nas regiões produtoras, tanto no Brasil quanto no mundo. Dentre os impactos pode-se destacar a poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos, a poluição pelo nitrogênio, a presença de microrganismos entomopatogênicos, alteração das características químicas, físicas e biológicas do solo, a poluição do ar pela emissão de gases, tendo como principais o  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{H}_2\text{S}$ , e a presença de insetos, ocasionando maior desconforto ambiental às populações (PERDOMO, 2001; Oliveira et al., 2003).

A poluição do solo decorre da aplicação de elevadas cargas de dejetos, ou quando os reservatórios de dejetos são feitos em lagoas sem revestimento impermeabilizante em solos de alta capacidade de infiltração e/ou lençol freático próximo da superfície. Ocorrendo um desses eventos, pode haver a contaminação de águas subterrâneas e superficiais (Oliveira et al., 1993). Além de alterar as características químicas, físicas e biológicas do solo, pode provocar uma importante diminuição da diversidade de microrganismos e da variedade de plantas, além da queda na produtividade de cereais e pastagens, toxicidade a animais e plantas e depreciação de produtos (SEGANFREDO, 2004).

A contaminação dos recursos hídricos pode ocorrer pelo escoamento de componentes dos dejetos de lavouras fertilizadas ou pela deposição de dejetos diretamente nos cursos de água. Entre os componentes impactantes, tem sido considerado o arraste de compostos orgânicos e nutrientes. O aumento da concentração de nutrientes nas águas, principalmente de fósforo, pode causar o fenômeno chamado eutrofização<sup>2</sup>, de ocorrência comum em lagos ou reservatórios com águas paradas situadas em locais próximos de criações intensivas (SIMIONI, 2001).

Encontrar um modo de manejo adequado aos dejetos líquidos de suínos é o maior desafio para a sobrevivência das zonas de produção intensiva, em função dos custos e dificuldades de tratamento de armazenamento, de transporte, de distribuição e de utilização na agricultura. Os sistemas de tratamento adotados pelos produtores, no Brasil, em função da rentabilidade e disponibilidade econômica da suinocultura, embora diminuam significativamente a carga poluente, não permitem o lançamento do resíduo final em cursos d'água (OLIVEIRA, 2000).

Deve-se considerar, também, os odores, pois todos os processos de armazenamento, ou tratamentos dos dejetos via digestão anaeróbia geram forte emissão de odores desagradáveis. Essas emissões muitas vezes são sentidas a distâncias razoáveis, além dos limites da área da propriedade da fonte emissora, dependendo das condições climáticas favoráveis ou da intensidade dos ventos (a legislação em vigor proíbe as emissões odoríficas na

---

<sup>2</sup> Eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, causado principalmente pelo nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente pelo nitrogênio e fósforo.

atmosfera, perceptíveis fora dos limites da área de propriedade da fonte emissora) (OLIVEIRA, 2000).

Estas emissões representam uma grande preocupação para a manutenção da qualidade do ar devido aos efeitos prejudiciais destes gases na qualidade ambiental e no desconforto e saúde humana. Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), estima-se que cerca de 14% da emissão global de gás metano tenha origem em atividades relacionadas à produção animal (USEPA, 1994).

A comparação de sistemas criatórios demonstrou concentrações de  $\text{NH}_3$  nos sistemas de produção em piso ripado ( $15,2 \pm 6,4$  ppm) e ( $9,7 \pm 4,2$  ppm) no sistema de cama sobreposta. Além disso, 20 a 40% do N excretado pelo suíno ficam retidos na cama, enquanto que no sistema tradicional, cerca de 70% se encontrava no dejetos líquido. Deste nitrogênio retido na cama, cerca de 90% encontrava-se na forma orgânica contra 30 a 40% no caso do sistema de piso ripado, sendo este de 60 a 70% na forma amoniacal. Contudo, os principais gases produzidos no sistema de criação cama sobreposta e na compostagem de dejetos são: vapor de  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$  e amônia ( $\text{NH}_3$ ) (Oliveira et al, 2003).

Trabalhos desenvolvidos por Oliveira (1999) demonstraram que o sistema de compostagem das camas bem conduzido, é capaz de evaporar quase a totalidade da água contida nos dejetos. Como o processo de compostagem é aeróbio as emissões de gases são reduzidas ( $\text{NH}_3$  é 50% menor que os sistemas convencionais, como também a queda de  $\text{N}_2$ ) e os odores gerados (OLIVEIRA, 2000).

Outro grande problema abordado por Simioni (2001) é a proliferação de insetos nas regiões produtoras de suínos, principalmente das moscas domésticas e de estábulos, associadas aos esterco frescos junto e nas proximidades das granjas, e de mosquitos que proliferam nas águas de rios poluídos com altos teores de compostos orgânicos.

A alimentação (dieta dos animais) também contribui para a poluição do meio ambiente. Trabalhos têm demonstrado que dois terços do nitrogênio (N) e do fósforo (P) consumido pelos animais são encontrados nos dejetos. Essa constatação mostra como a qualidade alimentação pode interferir no sentido de reduzir o Nitrogênio e o Fósforo nos dejetos. Além dos macronutrientes (N, P e K), os dejetos de suínos também contêm micronutrientes como o Cobre (Cu) e

o Zinco (Zn) que, em doses elevadas, podem ser tóxicos às plantas. Esses microelementos, se não forem manejados corretamente, tornar-se-ão um problema maior a longo prazo (OLIVEIRA,2000).

Entretanto, já existem informações suficientes a respeito da problemática ambiental gerada pelos dejetos nas regiões rurícolas do Sul do Brasil, considerando que as áreas de lavoura são insuficientes para a quantidade de dejetos nelas produzidos. Com isso, outras alternativas de reciclagem devem ser buscadas, especialmente aquelas que tenham menor dependência ou não dependam do uso como fertilizante do solo (SEGANFREDO, 2002).

## **1.1 Manejo e Utilização dos dejetos de suínos**

### **1.1.1 Dejetos líquidos**

Os dejetos gerados pela atividade da suinocultura, em função do seu alto grau de poluição, deverão obrigatoriamente sofrer armazenamento e/ou tratamento primário para posterior encaminhamento aos destinos, tais como, decantação, peneiramento, centrifugação, floculação e outros afins (PNMA II, 2004). Mas segundo Perdomo (2003), no tratamento preliminar objetiva-se remover partículas sólidas grosseiras em suspensão nos dejetos através de processos físicos ou químicos, como por exemplo, as peneiras estáticas e vibratórias, caixa de areia para remoção de sólidos sedimentáveis e etc. Já no tratamento primário, objetiva-se a remoção de sólidos em suspensão através de equipamentos com tempo de retenção maior que o tratamento preliminar, como por exemplo, decantação primária, flotação e filtração, sendo caracterizados pelo autor, como tratamentos diferentes.

Nos sistemas de criação onde os dejetos são manejados com grandes volumes de água (81% das edificações existentes), somado às perdas e aos desperdícios de água (dejetos produzido pelos animais + perda de água nos bebedouros + água utilizada na limpeza) ocorre grande aumento do volume de efluentes produzidos, agravando o problema da poluição e

elevando os custos de armazenamento, tratamento, transporte e distribuição dos dejetos, considerando que o tempo mínimo de retenção no sistema de armazenamento é de 120 dias (PERDOMO, 2000; OLIVEIRA, 2000).

O manejo na forma líquida deve considerar desde o modelo de edificação adotado, sistema de manejo e escoamento dos dejetos líquidos em canaletas ou fossas internas sob pisos ripados, tanques de homogeneização, decantadores, armazenamento em esterqueiras, ou lagoas e tratamento do excedente em sistemas compostos por lagoas (naturais ou aeradas). Também engloba sistemas de distribuição por tanques especiais, com ou sem incorporação imediata no solo (capacidade de transporte entre 3 e 5 m<sup>3</sup> por viagem), tracionados por tratores ou sistemas de fertirrigação com o uso de bombas de recalque (elétrica ou tracionado por trator), canalização de distribuição e o uso de aspersores adequados. A adoção dessa forma de manejo implica em que haja suficiente área de cultura agrícola, com declividade apropriada, para absorver todos os resíduos produzidos. Caso contrário, o produtor terá que negociar junto aos vizinhos o transporte e aproveitamento dos resíduos excedentes, ou adotar um sistema de tratamento (OLIVEIRA, 2000).

O sistema de lagoas e tratamento desenvolvido pela EMBRAPA-UFSC é muito simples, de baixo investimento, fácil operação e alta eficiência. É uma combinação de sistemas de separação de fases com processos biológicos de tratamento (lagoas), que pode valorizar o uso dos dejetos, facilitar o manejo e reduzir os custos de armazenagem, tratamento e transporte (PERDOMO, 2000). O sistema divide-se em três lagoas, a anaeróbia, onde ocorre a remoção da carga orgânica e coliformes fecais, mas também apresentam boa eficiência de remoção de fósforo. As facultativas que tem como objetivo a remoção de nutrientes (especialmente nitrogênio) e auxílio no processo de remoção da carga orgânica e coliformes fecais. As lagoas de aguapé também podem ser uma boa opção para a remoção de nutriente (nitrogênio e fósforo). Sua eficiência é boa no verão, mas decai no inverno da Região Sul, em função da desaceleração do crescimento vegetativo das plantas (PERDOMO, 2000).

### **1.1.2 Dejetos sólidos – compostagem**

Os sistemas de manejo dos dejetos sólidos são aqueles onde a concentração de matéria seca é superior a 60%. Nestes, os animais são criados em edificações com leito formado por maravalha ou palha, ou então, os dejetos líquidos, oriundos de edificações convencionais dos sistemas de produção, são misturados à maravalha ou palha. Nesses dois últimos casos o objetivo é a formação de um processo de compostagem, dentro ou fora das edificações, com a finalidade da redução do volume dos resíduos. Esses sistemas eliminam praticamente toda a água contida nos dejetos via os processos térmicos desenvolvidos na compostagem, concentrando os nutrientes, reduzindo a quantidade de resíduos, os volumes de estocagem e os equipamentos necessários para o transporte e distribuição em área agrícola (OLIVEIRA, 2000).

Na compostagem os dejetos líquidos são lançados sobre o leito da plataforma até a saturação líquida do substrato usado. Essa mistura permanece na unidade de compostagem por um período compreendido entre 4 a 6 meses, até sua maturação total (relação C/N < 16). Esse procedimento não exige estruturas sofisticadas para a mistura (líquido/sólido) e armazenagem, sendo sua limitação imposta pela disponibilidade dos resíduos (maravalha, palha ou qualquer outro substrato disponível na região) a serem usados como suporte na mistura com os dejetos. A utilização e distribuição como fertilizante orgânico não exige equipamentos especiais (OLIVEIRA, 2000). Segundo Oliveira et al (2004) o desenvolvimento dessa tecnologia alternativa para manejo e tratamento de dejetos líquidos de suíno foi uma resposta aos problemas de poluição química e biológica e aos odores ocasionados pelo manejo e tratamento dos dejetos líquidos, cuja base são os processos anaeróbios.

Oliveira et al (2004) descrevem como em granjas de suínos, nos estados de SC, RS e MG, desenvolveu-se um sistema de compostagem dos dejetos líquidos com objetivo de substituir os sistemas convencionais de



armazenamento e tratamento, reduzindo-se os custos de implantação e de utilização do composto final como fertilizantes.

Na produção de suínos em leito formado por diferentes substratos que podem ser maravalha, palha, feno, casca de arroz, sabugo e palha de milho. A edificação é totalmente aberta nas laterais, para facilitar a ventilação, sendo o piso constituído por terra compactada. Os investimentos econômicos no modelo da edificação e nas estruturas de armazenamento das camas são 4 a 5 vezes menor quando comparados aos sistemas convencionais, com um investimento menor em máquinas para a distribuição em lavouras (OLIVEIRA, 2000).

### **1.1.3 Utilização dos dejetos suínos**

Segundo Sobestiansky (1998) existem várias formas de utilização dos dejetos, tais como, rações para animais, fertilizantes orgânicos e para a produção de biogás.

O uso de dejetos animais como fertilizante do solo é uma prática milenar e existem inúmeras pesquisas demonstrando tal potencial, da mesma forma que para outros tipos de resíduos orgânicos. Entretanto, ao contrário dos fertilizantes químicos, que poderão ser formulados especificamente para cada tipo de cultura e de solo, os dejetos animais possuem, simultaneamente, vários minerais que se encontram em proporções desequilibradas em relação à capacidade de absorção das plantas. Em razão disso, o uso prolongado e, ou, excessivo poderá resultar em desequilíbrios químicos, físicos e biológicos do solo, sendo que vários desses impactos já foram comprovados tanto no Sul quanto em outras regiões do Brasil (SEGRANFREDO, 2004).

Um grande problema do uso de dejetos líquidos se encontra nos custos de transporte e distribuição do material, que exige investimento e manutenção elevada. Nestas condições, quanto maior for a concentração de nutriente por volume transportado e distribuído, melhor a relação

custo/benefício. No entanto, a realidade mostra um quadro inverso, os produtores geralmente não possuem um dejetos suficientemente concentrado que possa viabilizar os custos com transporte e distribuição deste (KUNZ, 2004). Um aumento de 30% na concentração de nutrientes transportado, facilmente obtido através do controle dos desperdícios de água e das fontes de diluição, resulta num custo benefício maior (PERDOMO, 2002).

Mas para Simioni (2001) a utilização de resíduo orgânico como fertilizante do solo é preconizada por dois fatores: primeiramente porque é um recurso interno, os resíduos possuem nutrientes que poderão ser absorvidos pelas plantas na medida que vai ocorrendo sua mineralização e segundo, porque aportam matéria orgânica ao solo, melhorando a fertilidade intrínseca do mesmo, estrutura, porosidade, entre outros efeitos.

#### **1.1.4 Biodigestor**

O processo de digestão anaeróbia, que ocorre nos biodigestores, consiste em um complexo de cultura mista de microrganismos, capaz de metabolizar materiais orgânicos complexos, tais como carboidratos, lipídios e proteínas para produzir metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e material celular (Oliveira et al, 2004).

A biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e seu emprego para a produção de biogás para a conversão em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia (Kunz et al., 2004).

Segundo Kunz (2004) o dejetos de suíno ao passar pelo biodigestor, onde ocorre a digestão anaeróbia, perde carbono na forma de metano e  $\text{CO}_2$  (diminuição na relação C/N da matéria orgânica), o que melhora as condições do material para fins agrícola em função do aumento da solubilidade de alguns nutrientes. No entanto, a aplicação do biofertilizante

no solo, sob o ponto de vista da adubação orgânica, deve ser realizada levando-se em conta critérios agrônômicos, como a topografia ondulada, o pequeno tamanho das propriedades, e a escassez de áreas agrícolas próprias para a mecanização, para evitar-se, na medida do possível, o impacto ambiental oriundo desta prática.

Para resíduos líquidos usa-se biodigestor contínuo como os modelos indianos e canadenses. A localização do biodigestor segue a norma para esterqueiras e lagoas estabelecida na legislação ambiental de cada estado (Oliveira et al, 2004).

O interesse pelo uso do biogás no Brasil intensificou-se nas décadas de 70 e 80, especialmente entre os suinocultores que buscavam a geração e energia e produção de biofertilizantes (Kunz et al, 2004).

No entanto, a conjugação de uma série de fatores foram responsáveis pelo insucesso dos programas de biodigestores no período acima citado, entre os quais pode-se citar: a) falta de conhecimento tecnológico sobre a construção e operação dos biodigestores; b) o custo de implantação e manutenção eram elevados (câmaras de alvenaria, concreta ou pedra, gasômetros de metal); c) o aproveitamento do biofertilizante continuava a exigir equipamentos de distribuição na forma líquida, com custos de aquisição, transporte e distribuição elevados; d) falta de equipamentos desenvolvidos exclusivamente para o uso do Biogás e a baixa durabilidade dos equipamentos adaptados para a conversão do biogás em energia (queimadores, aquecedores e motores) e) ausência de condensadores para água e de filtros para os gases corrosivos gerados no processo de biodigestão; f) disponibilidade e baixo custo da energia elétrica e do GLP e, g) não resolução da questão ambiental, pois biodigestores, por si só, não são considerados como um sistema completo de tratamento. Outros fatores, como erros grosseiros de dimensionamento, construção e operação foram determinantes para o insucesso dos biodigestores (KUNZ, 2004).

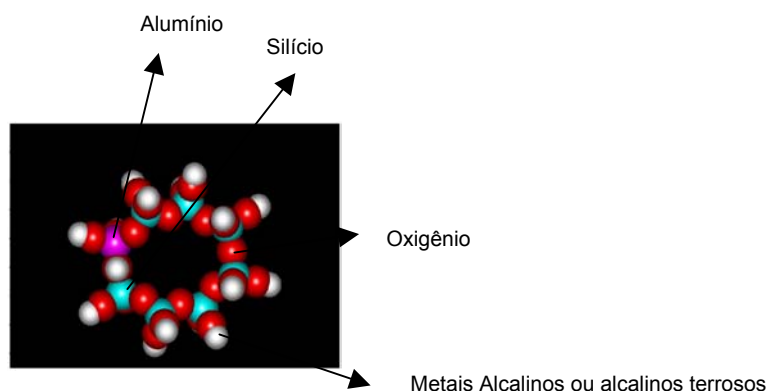
Para Oliveira et al (2004) a presença de vapor de água, CO<sub>2</sub> e gases corrosivos no biogás constitui-se no principal problema para a viabilização de seu armazenamento e para a produção de energia, a presença de filtro é indispensável para maior vida útil dos equipamentos.

É importante destacar que mesmo depois da digestão dos dejetos em biodigestores os nutrientes como nitrogênio e fósforo permanecem no efluente líquido e necessitam de um destino posterior, como por exemplo, as esterqueiras.

Pelos problemas apresentados, outras alternativas de manejo/tratamento e novas tecnologias estão sendo pesquisadas, para se obter uma melhor eficiência na diminuição de poluentes gerados pelos dejetos suínos.

## 1.2 As Zeólitas

As zeólitas são compostas por um grande número de minerais naturais e sintéticos que apresentam características comuns. São aluminosilicatos hidratados de metais alcalinos ou alcalinos terrosos (principalmente sódio, potássio, magnésio e cálcio). A estrutura das zeólitas permite a transferência de matéria entre os espaços intracristalinos, no entanto, essa transferência é limitada pelo diâmetro dos seus poros. Dessa forma, só podem ingressar ou sair do espaço intracristalino aquelas moléculas cujas dimensões são inferiores a um certo valor crítico, que varia de uma zeólita para outra (LUZ, 1995).



**Figura 1:** Estrutura básica da zeólita.

Smith (1984) apud Fungaro (2002) caracteriza a zeólita como um aluminossilicato cristalino com armação estrutural incluindo cavidades ocupadas por cátions grandes e moléculas de água, ambos tendo considerável liberdade de movimento, permitindo troca iônica e desidratação reversível. Segundo Cadena (1990) apud Pergher (2005) a capacidade de adsorção das zeólitas é resultante da sua alta área superficial e de sua carga líquida negativa nos canais de sua estrutura que atrai cátions, tais como metais pesados.

As zeólitas possuem três propriedades: a de adsorção de gases, absorção/ desorção de água e de troca iônica. A caracterização de adsorventes zeolíticos é necessária para identificar os fatores que influenciam sua capacidade de adsorção e o mecanismo de difusão de gases em seus poros. O parâmetro mais importante relacionado à estrutura de um adsorvente é sua porosidade. A estrutura de poros afeta quase todas as propriedades físicas dos adsorventes, como a resistência mecânica, a difusividade, a capacidade de adsorção, etc. A estrutura porosa de adsorventes de zeólitas pode ser caracterizada através de técnicas padronizadas. As características mais importantes são o volume de poros, a distribuição de tamanho de poros e a área superficial (NEVES, 2005). Segundo Luz (1995) a alta eficiência de adsorção esta relacionada com a grande área superficial interna.

Estudo desenvolvido por Neves (2005) demonstrou que a vazão e o tempo influenciam na eficiência da adsorção; ele verificou que quando se aumenta o tempo de adsorção e a vazão da solução dos metais, diminui-se a eficiência da zeólita na remoção da molécula desejada.

A capacidade de troca catiônica é a quantidade de íons, particularmente cátions, que as zeólitas podem adsorver e trocar. É uma das propriedades mais importantes, que é resultante do desequilíbrio das cargas elétricas na estrutura cristalina. Para neutralizar esta carga, existem cátions trocáveis que estão fixos eletrostaticamente ao longo das faces e entre as camadas estruturais (AGUIAR, 2002).

O uso das zeólitas depende das propriedades de troca catiônica; cada zeólita tem sua seletividade e capacidade de troca catiônica, características essas que podem ser mudadas por fatores, tais como, pH, temperatura,

presença de outros íons na solução etc (LUZ,1995). Armbruster (2001) considera que há algumas especificidades da estrutura da clinoptilolita (tipo de zeólita) responsável pela seletividade por alguns cátions, como por exemplo, a clinoptilolita rica em  $\text{Ca}^+$  e clinoptilolita-Na, que possuem similar relação Si/Al, mas uma possui maior seletividade pelo  $\text{K}^+$  e a outra pelo  $\text{Pb}^{+2}$ . Geralmente, as maiores capacidades de troca são observadas em zeólitas que apresentam baixa relação  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , mas há exceções devido a impurezas ou variações na composição química (BRECKE, 1984, apud Fungaro et al, 2002). A remoção das moléculas de água e a substituição dos cátions intercambiais não alteram a estrutura básica das zeólitas (Fungaro et al, 2002).

As zeólitas naturais são usadas no tratamento de efluentes, águas residuais provenientes de áreas urbanas e de agricultura e em sistemas circulantes de água para remoção de amônia. Nos Estados Unidos várias plantas industriais utilizam as zeólitas, reduzindo com isso a concentração de amônia nos efluentes de 15 ppm para 2 ppm. A zeólita pode ser regenerada com salmoura, e a amônia recuperada é usada na agricultura (LUZ, 1995).

As zeólitas naturais são materiais acessíveis, de baixo custo e excelentes trocadores iônicos, razão pela qual são empregadas para a adsorção de contaminantes metálicos (PERGHER,2005). Estudos desenvolvidos por Shawabkeh (2006) mostraram que as zeólitas possuem boa eficiência na remoção de íons de cromo em solução aquosa, com concentração de 300 mg/L de íons de cromo, o mineral adsorveu 92% dos íons da solução.

Existem cerca de 40 espécies de zeólitas naturais conhecidas, no entanto, apenas algumas são amplamente utilizadas. Dentre essas se incluem a mordenita, clinoptilolita, heulandita, phillipsita, erionita e chabazita (LUZ, 1995). A maior área de ocorrência de zeólitas no Brasil situa-se na região limite entre os estados do Maranhão e Tocantins (CPRM, 2004). Segundo Armbruster (2001) em 1997 foram produzidos 3,6 milhões de toneladas de zeólitas (clinoptilolita e chabazita) no mundo, e 2/3 só na China. No final da última década a demanda de zeólita aumentou significativamente, principalmente na agricultura.

As zeólitas possuem uma vasta utilização na agricultura, como por exemplo, os cultivos zeopônicos<sup>3</sup>, como corretivos do solo, para redução de odores dos animais, para captura de N durante a compostagem. Estudo feito por Fungaro (2004) demonstra a alta capacidade das zeólitas sintetizadas a partir de cinzas de carvão adicionadas ao solo reduzem a mobilidade e a biodisponibilidade do Zn.

Segundo Luz (1995), há mais de um século que o Japão vem usando a clinoptilolita moída para melhorar a qualidade do solo destinado a agricultura, pois a capacidade de troca catiônica das zeólitas favorece a retenção de nutrientes tais como o potássio e o nitrogênio, pelo solo. Por outro lado, devido sua alta capacidade de retenção de água, também é utilizada como condicionador de solo.

Fungaro et al (2002), afirma que é possível converter as cinzas de carvão mineral em zeólitas após um tratamento químico, pois as cinzas são constituídas basicamente de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), que respondem por cerca de 50% e 30% de sua massa, respectivamente. Os principais fatores que afetam a estrutura de formação das zeólitas são: temperatura e tempo de cristalização, relação sílica/alumina da mistura de reação e tipo de cátion presente (LUZ,1995). Seu uso possui algumas vantagens, tais como: é sintetizada a partir de resíduo abundante; o reagente usado na síntese pode ser reaproveitado; a zeólita pode ser regenerada com NaCl; o metal pode ser recuperado; as resinas poliméricas trocadoras de íons disponíveis são relativamente caras; a estrutura da zeólita confere seletividade por tamanho, forma e carga; estabilidade térmica e a radiação.

Segundo Luz (1995), o caulim um material que naturalmente já possui uma relação sílica/alumina próximo da requerida para síntese da zeólita, com propriedades adequadas ao uso ambiental, e em face de existência de muitos depósitos de caulim no país, existem várias aplicações na área de tecnologia ambiental como, por exemplo, a remoção de nitratos contidos em urinas de animais (áreas de criação confinada), visando evitar a contaminação do lençol freático.

---

<sup>3</sup> Cultivos zeopônicos é o cultivo de plantas olerícolas em vasos ou diretamente no chão, se utilizado como substrato as zeólitas.

Pergher (2005) desenvolveu um estudo com as zeólitas, verificando o poder de adsorção de diferentes tipos de zeólitas associadas a óxido de ferro. Observou-se que o óxido de ferro não afeta na capacidade de adsorção do material utilizado. Sonnenholzner (2004) utilizou diferentes pesos de zeólitas para verificar a remoção de  $\text{N-NH}_4^+$  de uma solução de 50 g/L, e concluiu que a menor concentração de zeólitas adsorveu melhor o  $\text{N-NH}_4^+$ . Pergher (2005) empregou a zeólita comercial Nax Baylight WE894 da Bayer para adsorção de  $\text{Cu}^{+2}$  de soluções aquosas, e verificou que a NaX moída adsorve cerca de 100 mg de  $\text{Cu}^{+2}$ /g de zeólita na concentração inicial do íon metálico de 1000 mg/l.

O estudo desenvolvido por Fungaro et al (2002) teve como objetivo determinar a eficiência de zeólitas sintetizadas a partir de cinzas residuárias de carvão em remover cádmio, zinco e cobre de soluções aquosas. Observou-se nos resultados que as zeólitas com partículas mais finas adsorvem mais que aquelas com partículas mais grossas devido ao aumento da área superficial externa. No entanto, acredita-se que no processo de adsorção contínuo empregando a NaX, a zeólita de tamanho intermediário possa ser adequadamente empregada (PERGHER, 2005). Também perceberam o impacto significativo do pH na remoção dos metais pesados; a maior porcentagem de remoção foi obtida em pH 4,5 para o  $\text{Cd}^{2+}$  e  $\text{Cu}^+$  e 5,0 para  $\text{Zn}^+$ . Observaram também o efeito da quantidade de zeólita, pois a eficiência de remoção é dependente da concentração inicial do metal e da relação massa da zeólita por volume da solução dos metais. Quanto maior for a razão, maior será a porcentagem de remoção dos metais.

As vantagens do uso de zeólitas para a remoção de metais são o baixo custo, se a zeólita for natural ou sintetizada a partir de resíduos ou matéria prima natural (PERGHER, 2005).



## Capítulo II – Metodologia e Procedimentos

### 2. Experimento de adsorção de nutrientes com efluente sintético – Influência da vazão.

Testou-se o efeito das diferentes vazões (2,85 l/h, 4,3 l/h, 5,15 l/h e 6,0 l/h) sobre a cinética de adsorção do  $\text{N-NH}_4^+$  pelas zeólitas. O sistema desenvolve-se pelo reator de adsorção, que é composto por uma bomba peristáltica e um tubo de poli (cloreto de vanila) (pvc), onde se encontravam as zeólitas. Neste reator de adsorção ocorreu a passagem da solução de cloreto de amônio, através do fluxo ascendente, pelas zeólitas, como mostra a Figura 1. A zeólita utilizada é a watercel ZN 3080 (marca comercial). Utilizou-se também dois Becker de quatro litros, nove Becker de 500 mililitros, dezoito tubos de ensaio e pipetas de dez mililitros.

Os procedimentos davam-se da seguinte maneira:

- Pesou-se 2.739 g de zeólitas;
- Dissolveu-se 9,354 g de cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) em 24 litros água deionizada, tendo uma solução padrão com concentração final de 1000 mg de  $\text{N-NH}_4^+$ ;
- Preparou-se o reator para realizar as coletas das amostras, desprezando-se os 500 ml iniciais;
- Cronômetrou-se o preenchimento de três litros em um Becker (quatro litros), para cada nova vazão experimental;
- Realizavam-se ensaios com as zeólitas em vazão experimental, coletando-se 7 amostras de 3 L. Para cada uma fazia-se 2 repetições de 10 ml. Para efeito comparativo dos resultados coleta-se o volume 0, que é uma amostra da a solução mãe, e o volume morto, que é a solução final que permanece no reator;

- Fizeram-se as análises da concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  para determinar a massa adsorvida;



**Figura 2:** Reator de adsorção.

- Fez-se a recuperação das zeólitas, conforme descrito no item 2.1.



**Figura 3:** Volume morto e Volume 0.



**Figura 4:** Amostras coletadas.

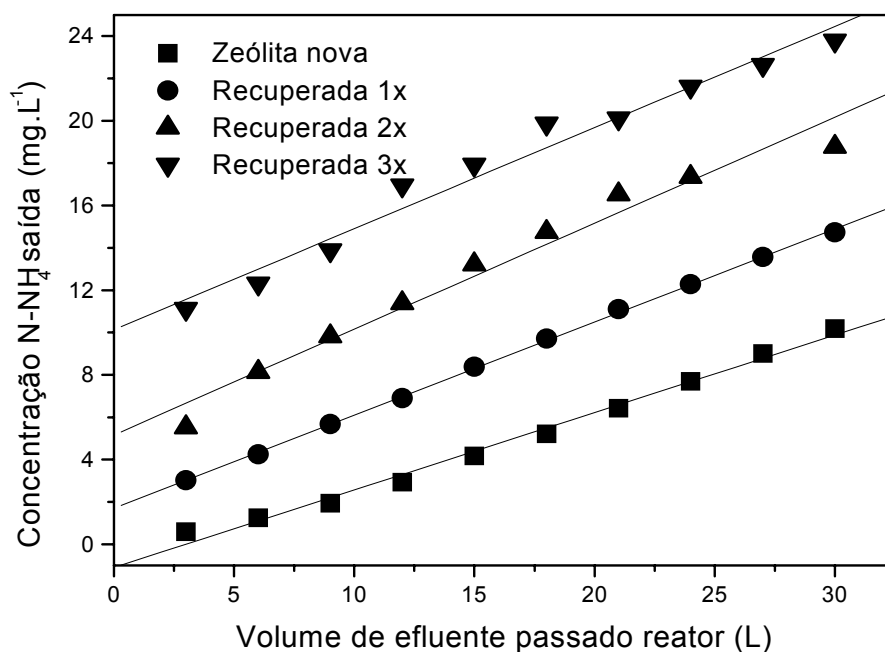
## 2.1 RECUPERAÇÃO DAS ZEÓLITAS

Para recuperar as zeólitas, removeu-se as mesmas do reator e lavaram-se as mesmas com água destilada em abundância. A seguir preparou-se uma solução de NaCl e água destilada com concentração de 10 g/L e submergiu-se as zeólitas. As zeólitas permaneceram cobertas por um papel alumínio por três

dias, transcorrido o qual, o sobrenadante foi descartado e a zeólita novamente lavada com água destilada.

O material foi disposto em uma bandeja e colocado em uma estufa a 100°C até que estivesse completamente seco. Após esfriar, as zeólitas foram acondicionadas em saco plástico e armazenadas até serem novamente utilizadas.

Os resultados das análises demonstraram que o processo empregado para recuperação das zeólitas é bem sucedido. No entanto, existe uma perda na capacidade de adsorção de  $\text{N-NH}_4^+$  cada vez que o material é reutilizado, como mostra a Figura 5.



**Figura 5:** Concentração de  $\text{N-NH}_4^+$  da solução após a passagem pela zeólita nova e recuperada.

## 2.2 Experimento de adsorção de nutrientes com efluente final da estação de tratamento dejetos de suínos.

Este experimento tem por finalidade estimar a massa adsorvida de nutrientes do efluente final do sistema de tratamento dos dejetos de suínos, pelas zeólitas.

O experimento seguiu da seguinte maneira:

- Coletou-se o efluente final da estação de tratamento de dejetos de suínos, explicada no capítulo IV;
- Preparou-se o reator de adsorção com 2.739 g de zeólitas;
- Iniciou-se o ensaio com vazão do efluente a 4,3 l/h;
- A cada três litros passados pelo reator de adsorção coletavam-se as amostras, o volume morto (solução que permanece no reator após a coleta das amostras) e o volume 0 (amostra do efluente final);
- Fez-se a análise das amostras para determinar a concentração de N- $\text{NH}_4^+$ , fósforo (P) e potássio (K) na solução;
- Fez-se a recuperação das zeólitas.



Figura 6: Amostras coletadas.

Figura 7: Volume 0 e volume morto.

### Capítulo III - Resultados e Discussões

#### 3. Influência da vazão

Foram realizados experimentos em duplicata utilizando zeólitas novas a cada ensaio. As vazões variaram de 3 a 6 L/h. A Figura 7 demonstra as médias dos dois ensaios para cada vazão, sendo que a quantidade do efluente sintético que passou pelo reator a cada ensaio foi de 21 litros (7 amostras) com exceção da vazão 5, onde foram passadas 6 amostras em virtude do tempo demandado para 7 amostras.

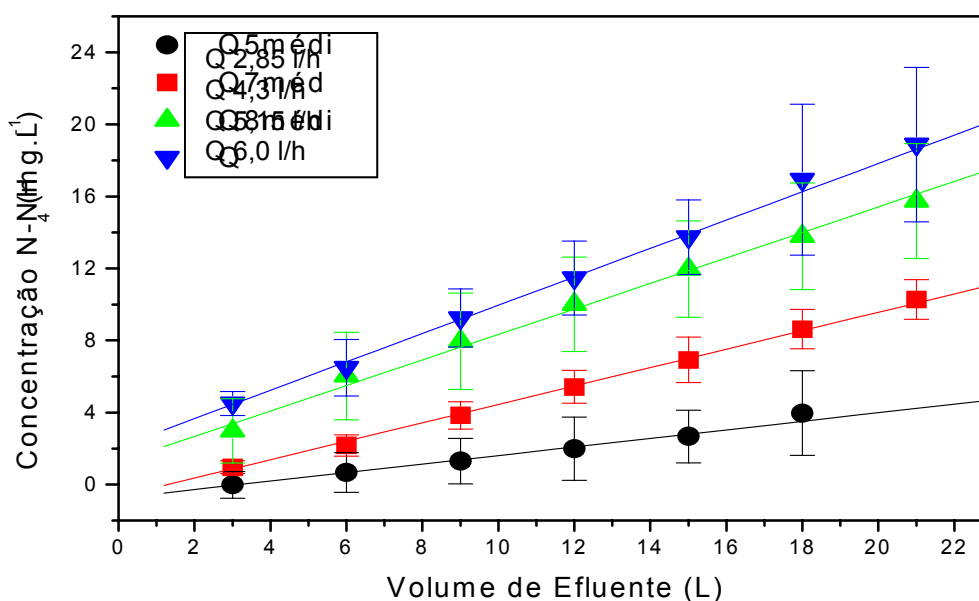


Figura 8: Concentração de N-NH<sub>4</sub> da solução após a passagem pelas zeólitas.

Os resultados das análises de NTK (nitrogênio total Kjeldhal) demonstraram que a vazão influencia na capacidade do reator em remover o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> do efluente. Nota-se que quanto menor a vazão maior a remoção. No

entanto, é necessário avaliar a vazão ideal uma vez que um processo muito lento pode ser inviável em situações práticas. Nota-se também que o maior desvio padrão dos resultados analisados foi na vazão 5,15, e o menor na vazão 4,3, demonstrando que este fator, além do tempo, também deve ser levado em consideração, pois esta vazão possui maior confiabilidade (os resultados foram mais estáveis).

O experimento realizado por Neves (2005) demonstrou que a vazão influencia no processo de adsorção do  $\text{CO}_2$  devido ao maior valor absoluto dos dados. O autor analisou a interação entre o tempo de adsorção e a vazão de alimentação, e constatou que com a elevação da vazão a eficiência da remoção de  $\text{CO}_2$  diminui, mas esse efeito é mais pronunciado quando o tempo de adsorção aumenta. No caso deste experimento a melhor eficiência observada pelo autor foi quando a vazão foi baixa e o tempo adsorção foi mais curto.

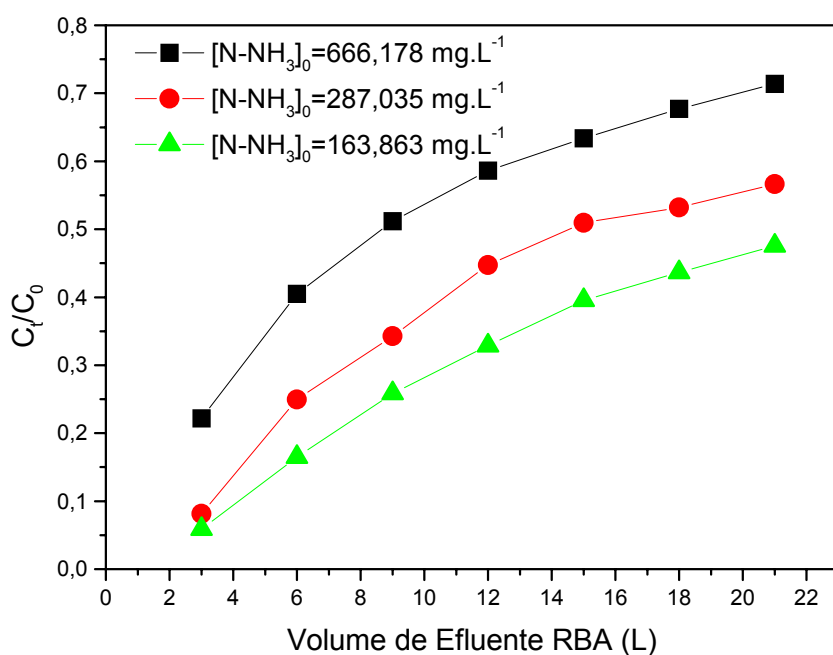
Observa-se na Figura 8 que o volume de efluente inicial, ou seja, os três litros iniciais que passam pelo reator de adsorção possuem as menores concentrações de amônio na solução. Isto se deve ao desequilíbrio de cargas das zeólitas que atraíram os cátions mais próximos para manter a neutralidade. Conforme se aumenta o volume de efluente que passa pelo reator, aumenta a concentração do nutriente na solução, onde ocorre uma provável saturação das zeólitas. Segundo Fungaro et al (2002) a relação da massa de zeólita por volume de solução é um importante fator para melhor eficiência de remoção do elemento desejado. Assim quanto maior for a razão (massa de zeólita/volume da solução) melhor será a eficiência de remoção do nutriente.

Outro fator a ser considerado é a relação silício/alumínio do material, pois esta influencia na capacidade de troca catiônica, ou seja, quanto menor a relação Si/Al maior a capacidade de troca catiônica.

Esses dois fatores citados também podem promover uma melhor eficiência na remoção do  $\text{N-NH}_4$ , além da vazão ideal. Por isso devem ser levados em consideração quando utilizar se as zeólitas como adsorvente.

### 3.1 Adsorção de N-NH<sub>4</sub> do efluente final

Os experimentos foram realizados três vezes com a mesma vazão (4,3 L/h), porém com diferentes datas de coleta do efluente final do sistema de tratamento. Para a coleta de 7 amostras de três litros, passaram pelo reator de adsorção 21 litros de efluente. Os valores da primeira coleta foram: na concentração 163,9 mg/L a redução de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> foi de 94,1%, na concentração de 287,04 mg/L a redução foi de 91,9 % e na concentração 666,2 mg/L foi de 77,8%. Os resultados das análises de NTK (nitrogênio total Kjeldhal) demonstram que concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> vai aumentando em relação ao volume de efluente que passa pelo reator. Quanto maior o volume de efluente que passa pelo reator, maior a concentração de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> encontrada nas amostras analisadas, como pode ser observado na Figura 9, onde aparece a razão da concentração final/inicial (%da concentração que fica na solução) pelo volume efluente.



**Figura 9:** % Concentração de  $N-NH_4$  do efluente de dejetos suíno após a passagem pelas zeólitas.

Segundo Luz (1995) o uso das zeólitas depende da propriedade de troca, pois cada zeólita tem sua seletividade e capacidade de troca catiônica. Essas características podem ser mudadas por fatores, tais como, pH, temperatura, presença de outros íons na solução etc.

Esses resultados podem ser explicados pela alta concentração de outros cátions presentes no efluente, como os metais (ferro, cobre e zinco), fósforo (P), potássio (K), matéria orgânica e entre outros. Sabe-se que a força com que o íon é atraído é proporcional a sua carga iônica e por consequência, íons de maior valência são atraídos pelo material com maior facilidade. Pois quanto maior for o volume do íon, mais fraco será seu campo elétrico na solução, ou seja, terá menor grau de hidratação. Pode ter ocorrido uma competitividade entre diferentes cátions pelos sítios ativos e a saturação do material.

Fungaro (2004) desenvolveu uma pesquisa com solo contaminado por Zn, através da utilização de zeólitas e observou uma redução de 80% da lixiviação de Zn nas amostras de solo, ou seja, havia baixa concentração de Zn nas amostras analisadas. O autor percebeu que quanto maior a massa de zeólita adicionada no solo, menor a concentração do metal detectado na solução. Segundo ele a capacidade de troca catiônica da mistura zeólita/solo aliado ao pH mais elevado foram responsáveis pela menor migração do Zn no solo.

Observa-se na Figura 9 que a medida que o efluente passa pelo reator de adsorção ocorre um aumento da concentração de  $N-NH_4^+$ , porém, os resultados iniciais são satisfatórios. Essa boa adsorção (77,8%, 94,1% e 91,9%), está ligada à capacidade de adsorção das zeólitas, à relação zeólita/volume do efluente e à existência de outros íons na solução.

Percebe-se que este material possui uma boa seletividade pelo  $N-NH_4^+$ , porém, é necessário aumentar a relação massa de zeólita/volume de efluente



para se obter maior estabilidade e melhores resultados. Entretanto, deve-se avaliar os custos com o material. A grande vantagem é que ele pode ser reutilizado, como foi mostrado nesse trabalho, e depois pode ser utilizado ou comercializado como fertilizante.

## **Capítulo IV – Atividades Complementares**

### **4. Estação de Tratamento de Dejetos Suínos**

Durante o período de estágio teve-se a oportunidade de visitar o sistema de tratamento de dejetos utilizado pela Embrapa. O sistema de tratamento compacto é composto pelas seguintes etapas:

- Caixa de recebimento: consiste em um tanque de aproximadamente 4 m<sup>3</sup>, com duas tubulações de entrada e duas comportas com regulagem de saída. Essa caixa possui a função de receber o material afluyente e de regular a vazão de alimentação da peneira de escovas rotativas através do sistema de comportas manuais.
- Peneira de escova rotativa: considerado um tratamento preliminar, é um equipamento utilizado para separação, através de peneiras, do material sólido em suspensão (maravalha, ração não digerida, etc) que acompanha os dejetos gerados na granja. Os resíduos sólidos separados são acumulados em coletor de onde são removidos para destinação final (compostagem).
- Equalização e bombeamento: após a peneira, o dejetos é carregado por gravidade até um tanque de alvenaria com capacidade de 50 m<sup>3</sup> e tempo de retenção hidráulica de 24 horas, possuindo dois agitadores submersos e uma bomba que alimenta regularmente o flotodecantador. Este passo primário tem por objetivo homogeneizar os dejetos e evitar depósito de sólidos no fundo do tanque influenciando na operação da bomba de alimentação do flotodecantador.
- Flotodecantador: O processo de sedimentação/flotação do material em suspensão com granulometria inferior a da peneira ocorre no tanque de flotação; sua maior finalidade é diminuir a carga para os processos subseqüentes e interferência nos processos biológicos, sendo caracterizado como tratamento primário. O tanque tem 9 m<sup>3</sup> dispostos em três cones. É um sistema que tem por finalidade principal a separação de sólidos e líquidos,

devido à lenta agitação e ao tempo de retenção hidráulica com aproximadamente de 260 minutos, separando as partículas pesadas que são arrastadas para o fundo cônico, e as partículas leves que flutam na superfície. O equipamento é dotado de um rapador de superfície, para retirada de sólidos sobrenadantes, bem como três válvulas de purga na base dos cones para a retirada do lodo sedimentado que é encaminhado para compostagem. A adição de agentes químicos altera o estado físico de sólidos dissolvidos e suspensos, provocando sua precipitação, possuindo eficiência direta na remoção de grande parte da carga orgânica, nitrogênio e fósforo do efluente. Os reagentes são preparados em tanques de 250 litros providos de agitadores mecânicos, e dissolvidos em água nas proporções de 25% para o derivado de tanino e 0,01% para a poliacrilamida. Após a homogeneização as soluções são descartadas para os reservatórios de dosagem, onde, uma bomba de diafragma succiona e injeta ambos na alimentação do flotodecantador.

- Reator biológico anaeróbico com leito ascendente (UASB): é um tratamento secundário que consiste basicamente em um tanque com o fundo cônico de aproximadamente 50 m<sup>3</sup>. O efluente a ser tratado é uniformemente distribuído no fundo do reator que passa através de uma camada de lodo biológico, o qual transforma o material orgânico em biogás. O gás produzido é guiado para dentro dos decantadores através de defletores. A porção do lodo que atinge os decantadores é separada e retorna ao fundo do reator. O efluente tratado é uniformemente removido da superfície do reator por calhas coletoras de líquidos. O reator é alimentado por gravidade com efluente do flotodecantador que deve possuir limpidez e baixo teor de sólidos sedimentáveis. O lodo formado é disposto no tanque de depósito, a purga é realizada através da válvula localizada no fundo do reator. O sistema de armazenagem de gás tem a função de coletar e queimar o gás gerado no processo de digestão anaeróbia.

- Reator biológico aeróbio (RBA): O efluente proveniente do reator UASB alimenta o reator biológico aeróbio (RBA). Este reator consiste em um tanque de alvenaria com capacidade de 80 m<sup>3</sup>, com o tempo de retenção hidráulica de aproximadamente 38 horas, e um motor de alta potência que injeta ar 24 horas por dia, promovendo agitação e aeração, no conteúdo do reator. Este passo tem por finalidade degradar biologicamente a matéria orgânica e os nutrientes

remanescentes, ou seja, através da aerobiose reduzir a DQO, DBO<sub>5</sub> e principalmente nitrogênio total, formando como subproduto CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> na forma de gases, e mistura de macromoléculas provenientes de material celular. Ao lado do reator há um decantador secundário, para onde o efluente é conduzido. Ele dispõe de um motor de descarte e recirculação de lodo, o qual deve permanecer ligado durante a operação da ETDS, sendo desligado uma hora antes do descarte do lodo. Na parte superior do descarte o sobrenadante flui através de um sistema de canaletas gerando o efluente final.

#### **4.1 Propriedades Sunícolas**

A saída de campo ocorreu na região da bacia dos Fragosos, onde foram visitadas oito propriedades sunícolas, seis produtoras de leite e duas terminadoras de animais. Apenas uma possuía biodigestor com produção de biogás para suprir a demanda energética do aviário e as restantes, por sua vez, possuíam esterqueiras.

Deve-se lembrar que atualmente esses “sistemas de tratamento” só existem devido a legislação ambiental e ao órgão fiscalizador (FATMA), que há poucos anos estabeleceu novas regras para autorização das áreas produtoras de suínos.

O art. 54 da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/98) considera crime, apenado com reclusão de um a quatro anos, e multa, “causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora”. A pena ainda pode ser aumentada se a conduta do agente “causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentaneamente, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população” (§ 2º, II). O mesmo ocorre em casos de “poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade” (§ 2º, III).

Segundo a Instrução Normativa Estadual, regida pela FATMA, a quantidade de dejetos para utilização em lavouras é de 50 m<sup>3</sup>/ha/ano, e de acordo com as recomendações de adubação indicadas por laudo com base em

análise de solo. A capacidade de armazenagem dos dejetos deve ser de no mínimo 120 dias, em unidades adotadas de revestimento, quando não houver sistema de tratamento dos dejetos (efluentes).

Observa-se que a realidade dos produtores segue o regimento da FATMA, porém, necessita-se de medidas e incentivos mais efetivos para diminuição do impacto gerado pelos dejetos ao meio ambiente, pois as esterqueiras ficam expostas ao ar livre provocando odores desagradáveis, poluição do ar (efeito estufa) e o efluente, ainda, possui alto potencial poluente. Necessita-se de áreas agrícolas suficientes para a aplicação adequada do dejetos armazenado, além disso, corre-se o risco do rompimento da esterqueira o que provocaria um grave acidente ambiental.

Entretanto, esta tecnologia é utilizada pelos produtores por ser de baixo custo de implantação e manutenção, também, pela facilidade de execução da obra e operação.



**Foto 10:** Esterqueira.



Foto 11: Biodigestor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desse estágio proporcionou uma maior percepção da problemática ambiental causada pela atividade suínica (dejetos de suínos), e principalmente, a necessidade de novas medidas que devem ser desenvolvidas e aplicadas na área de tratamento/armazenamento dos dejetos e repassadas aos suinocultores. Além de ter proporcionado o meu aprimoramento nas técnicas laboratoriais, possibilitou o conhecimento de uma nova tecnologia que pode ser aplicada na área ambiental e na agricultura.

Foi possível perceber a necessidade do desenvolvimento de um programa de educação ambiental na região, para conscientizar os produtores e suas famílias os problemas causados durante todos esses anos pelo excesso de dejetos suínos e demonstrar a importância da utilização de técnicas viáveis e eficazes de tratamento/armazenamento dos dejetos.

É visto que a suinocultura intensiva, principalmente o sistema de criação em confinamento, resulta num grande poluidor do meio ambiente. As regiões onde se encontram as propriedades suínicas têm seus mananciais de água, solo e ar contaminados pelo alto grau de substâncias tóxicas geradas pelo confinamento e o mau manejo do sistema, que foram descartadas durante anos no ambiente. Esse processo foi gradativo e cumulativo.

Apesar de buscar soluções para minimizar o impacto causado pela alta concentração de animais na região, a existência dessa consciência deveria ter

sido tomada há muitos anos pelos profissionais da área e, principalmente, pelos órgãos ambientais e instituições públicas. Percebe-se que ainda há necessidade de medidas efetivas para a diminuição eficaz do impacto gerado pelos dejetos de suínos. Esse não será um trabalho fácil, pois além da tecnologia, precisa-se da conscientização dos produtores e da comunidade através da educação ambiental, e também de incentivos econômicos para aplicação de novas tecnologias.

O material de estudo desse trabalho possui alta aplicação tecnológica, em especial na área ambiental e agrícola, porém, é preciso desenvolver técnicas de aplicação a campo, pesquisas do processo extração e/ou síntese e a viabilização do produto no mercado interno.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Mônica Regina Marques Palermo de, NOVAES, Amanda Cardoso e GUARINO, Alcides Wagner Serpa. **Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos**. *Quím. Nova*, nov./dez. 2002, vol.25, no.6b, p.1145-1154. ISSN 0100-4042.

ARMBRUSTER, Thomas. **Clinoptilolite-heulandite: Applications and basic research**. Disponível em: [www.krist.unibe.ch/pdf](http://www.krist.unibe.ch/pdf). Acessado em: 29 de maio de 2006, 14:30.

CPRM, Serviço geológico no Brasil. **Relatório anual de 2004**, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br>. Acesso em: 12 de junho de 2006, 11:00.

FUNGARO, Denise Alves, Flues, Marlene Sotto-Mayor and Celebroni, Amanda Paccini. **Stabilization of zinc-contaminated soil using zeolites synthesized from coal ashes**. *Quím. Nova*, July/Aug. 2004, vol.27, no.4, p.582-585. ISSN 0100-4042.

FATMA, 2006, mail eletrônico. Disponível em: <http://www.fatma.sc.gov.br>. Acessado em: 20 de julho de 2006, 14:15.

FUNGARO, Dense Alves, Silva, Magali Guilherme. **Utilização de zeolita preperada a partir de cinza residual de carvão como adsorvedor de metais em água**, *Quim. Nova*, 2002, vol 25,N<sup>o</sup> 6B. 1081 – 1085.

GAYA, João Paulo; Universidade Federal de Santa Catarina. **Indicadores biológicos no solo como uma alternativa para o uso racional de dejetos de suínos como adubo orgânico**. Florianópolis,, 2004. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

KUNZ et al. **Biodigestores: Avanços e Retrocessos**, Concórdia, 2004. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acessado em: 4 de abril de 2006, 14:05.

LUZ, Adão Benvindo da; **Zeólitas: propriedades e usos industriais**; Rio de Janeiro: CETEM/CNPQ, 1995.

MENDONÇA, Neves, Célia de Figueiredo Cordeiro and Schwartzman, Mônica Maria de Abreu, **Separação de CO<sub>2</sub> por meio da tecnologia PSA**. *Quím. Nova*, Ago 2005, vol.28, no.4, p.622-628. ISSN 0100-4042

NAKAMAE, Ivan Jun. **Anualpec 2005** : anário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2005. 340 p.

OLIVEIRA, Paulo A., **A escolha do sistema para o manejo dos dejetos de suínos uma difícil decisão**, Concórdia, 2000. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acessado em: 13 de junho, 14:00.

OLIVEIRA, Paulo A. et al. **Emissão de gases, na suinocultura, que provocam efeito estufa**, Concórdia, 2002. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acessado em: 6 de abril de 2006, 16:26.

OLIVEIRA, Paulo A., **Tecnologia para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas praticas**, Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004.

PERDOMO, Cláudio C. **Custo de manejo, tratamento e utilização de dejetos líquidos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acessado em: 13 de junho de 2006, 14:00.

PERDOMO, Cláudio C. **Manejo e tratamento de dejetos suínos (Sistema EMBRAPA-UFSC)**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acessado em: 13 de junho de 2006, 14:00.

PERDOMO, Cláudio C., OLIVEIRA, Paulo A., KUNZ, Airton. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventario tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003.

PERGHER, Sibeles B. C., OLIVEIRA, Luiz C. A., SMANIOTTO, Alessandra *et al.* **Materiais magnéticos baseados em diferentes zeólitas para remoção de metais em água**. *Quím. Nova*, set./out. 2005, vol.28, no.5, p.751-755. ISSN 0100-4042.

PERGHER, Sibeles B. C., CAOVILO, Marcela, DETONI, Chaline *et al.* **Remoção de Cu<sup>2+</sup> de soluções aquosas em zeólita NaX: efeito da granulometria**. *Quím. Nova*, maio/jun. 2005, vol.28, no.3, p.397-401. ISSN 0100-4042.

SEGANFREDO, Milton A., **A Poluição por dejetos de suínos. O aspecto econômico e o direito público**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002.

SEGANFREDO. **Dejetos Animais – A dupla face benefícios e prejuízos**, Concórdia, 2004. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acesso em: 4 de abril de 2006, 14:05.

SHAWABKEH, Reyad A., **Adsorption of chromium ions aqueous solution by using activated carbo-aluminosilicate material from oil shale**. Elsevier. Abril. 2006, vol. 299, p. 530-536.

SIMIONI, Juliano; Universidade Federal de Santa Catarina. **Avaliação dos riscos ambientais pela acumulação de Cu e Zn nos solos fertilizados com dejetos de suínos**. Florianópolis, 2001. 139 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA (CAC). Florianópolis: Instituto CEPA/SC, 2004-2005 -. Anual. ISSN 1677-5953

SOBESTIANSKY, Juryi. **Suinocultura Intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1998. 388p. ISBN 85-7383-036-0.

SONNENHOLZNER, Stanislaus. **Ensayo de remocion de amônio por mineral zeolita: efecto Del soluto (amônio) com respecto al absorbente (zeolita)**. Disponível em: [www.cenaim.espol.edu.ec](http://www.cenaim.espol.edu.ec). Acessado em: 30 de junho de 2006. 16:32.

USEPA. 1994. **International Anthropogenic Methane Emissions: Estimates for 1990**. Edited by M. J. Adler. United States Environmental Protection Agency, Office of Policy Planning and Evaluation.