

## **REÚSO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO POR LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO EM CULTIVO HIDROPÔNICO DE MILHO FORRAGEIRO**

**Maria Tacianne Lima ARAUJO (1); Luciana de Sousa RIBEIRO (2); Antônio Olívio Silveira BRITTO Junior**

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Rua Capricho – nº 541 – Dias Macedo – Fortaleza - CE, CEP: 60860 - 450, (85) 88012455, e-mail: [tacilima86@hotmail.com](mailto:tacilima86@hotmail.com) (2) Universidade Federal do Ceará e-mail: [lucianageoufc@yahoo.com.br](mailto:lucianageoufc@yahoo.com.br) (3) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, email: [olívio@cefetce.br](mailto:olívio@cefetce.br)

### **RESUMO**

A água tem sido utilizada freqüentemente como um recurso natural ilimitado. Esta atitude pode levar-nos a deficiências críticas deste recurso quanto à quantidade e qualidade. Atualmente, ocorrem problemas relacionados com a escassez, má distribuição e poluição das águas. Como uma das principais alternativas para solucionar estes problemas, surge o uso de águas residuárias tratadas. O reuso tornou-se, portanto, um importante instrumento de gestão ambiental, visando à utilização da água de melhor qualidade para fins mais nobres. Nas últimas décadas houve um avanço na utilização de águas residuárias tratadas para fins de agricultura. O reuso além de proporcionar a economia de água, de evitar o lançamento de esgotos nos corpos hídricos possibilita, quando utilizado na agricultura, a obtenção de produtos agrícolas sem a necessidade de adubos e/ou fertilizantes. Sendo assim, o presente trabalho apresenta as etapas realizadas para a implantação do reuso para fins de agricultura urbana. A hidroponia, aliada ao reuso, surgiu como alternativa à promoção da agricultura com o aproveitamento dos nutrientes de efluentes e da água já utilizada, além da redução do espaço a ser utilizado para cultivo. No conjunto Renascer do bairro Dias Macedo há um sistema de tratamento de esgotos com lagoas de estabilização (uma facultativa e três de maturação), onde se aproveita o efluente tratado pelo mesmo para o cultivo hidropônico de milho forrageiro. Os resultados obtidos nos cultivos de milho hidropônico demonstraram que é viável produzir forragem verde hidropônica de milho utilizando efluentes de lagoas de estabilização como alternativa a solução nutritiva.

**Palavras-chave:** reuso, hidroponia e milho forrageiro.

## 1. INTRODUÇÃO

A água tem sido utilizada freqüentemente como um recurso natural ilimitado. Esta atitude pode levar-nos a deficiências críticas deste recurso quanto à quantidade e qualidade. Atualmente, ocorrem problemas relacionados com a escassez, má distribuição e poluição das águas.

A grande quantidade de esgoto gerado atualmente provoca inúmeros impactos sociais, ambientais, entre outros, necessitando que sejam propostas medidas mitigadoras para este.

Em função da reduzida disponibilidade de água nas várias regiões do Brasil, associada aos problemas de qualidade da água, torna-se uma alternativa potencial de racionalização desse bem natural à reutilização para vários usos, inclusive a irrigação agrícola, que representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo. Assim, a técnica de reúso tende a ser um eficiente instrumento para a gestão dos recursos hídricos no Brasil (BERNARDI, 2003).

O reúso além de proporcionar a economia de água, de evitar o lançamento de esgotos nos corpos hídricos possibilita, quando utilizado na agricultura, a obtenção de produtos agrícolas sem a necessidade de adubos e/ou fertilizantes.

Pode-se obter um efluente final compatível com as recomendações da Organização Mundial de Saúde - OMS com águas de esgotos tratadas por 04 (quatro) ou mais lagoas, portanto sendo possível seu uso para a irrigação e piscicultura (CEPIS, 2000).

Para a região nordestina e em especial para o Estado do Ceará, o uso de águas residuárias domésticas se apresenta como uma das principais alternativas no combate à escassez de água. Para tanto, o reúso deve ser planejado, pesquisado e adaptado às nossas condições ambientais, sociais, econômicas e culturais.

Considerando-se que é presente a escassez de água, que atualmente o principal motivo da poluição dos mananciais está vinculado ao lançamento irregular de esgotos e que através de um tratamento planejado e controlado obtêm-se um efluente compatível com as recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS), fica exposta a importância de se compatibilizar um sistema de tratamento de águas residuárias com a prática da agricultura.

No ano de 2000 o Centro Internacional de Investigações para o Desenvolvimento do Canadá (IDRC) e a Organização Panamericana de Saúde (OPS) firmaram um convênio para que o Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente (CEPIS) executasse um projeto de pesquisa "sistemas integrados de tratamento e uso de águas residuárias na América Latina: Realidade e Potencial". O projeto resultou na elaboração de um inventário regional dos sistemas de tratamento em operação, assim como o uso da água residuária em atividades agrícolas. Dentre os 20 casos selecionados em toda a América Latina está incluído o Projeto Renascer o qual está enquadrado dentro daqueles que possuem o tratamento para os esgotos, mas não realizam o reúso do efluente tratado (CAVALLINI & YOUNG, 2005).

Realizou-se um estudo de viabilidade do reúso do efluente tratado na área do Conjunto Habitacional Renascer, situado no bairro Dias Macedo, a 10 Km do centro de Fortaleza.

O sistema de tratamento das águas residuárias, geradas a partir das 470 unidades habitacionais e uma população de 3.500 habitantes é composto por quatro lagoas de estabilização em série (uma facultativa e três de maturação). O sistema passará por uma reforma hidráulica para melhor funcionamento e assim permitir o uso da terceira lagoa de maturação para cultivo da piscicultura. Aproveitando a vazão média diária tratada de 5,88 L/s e uma área residual no entorno da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de 6,8 hectares, permitindo viabilizar a implantação de atividades de agricultura e piscicultura (OPS/CEPIS/PUB, 2002).

A viabilização das atividades permite a comunidade do conjunto renascer uma nova configuração paisagística, bem como a geração de novas ocupações de emprego e a participação de diferentes atores para melhoria das condições sanitárias da comunidade.

### 1.1. Cultivo Do Milho

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 50,567 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 13,8 milhões de hectares.

Por suas características fisiológicas a cultura do milho tem alto potencial produtivo. No entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 3.655 kg ha<sup>-1</sup>, demonstrando que manejo cultural do

milho deve ser ainda bastante aprimorados para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

A cultura do milho tem se destacado nos últimos anos na Integração Lavoura-Pecuária (ILP) devido às inúmeras aplicações que este cereal tem dentro da propriedade agrícola quer seja na alimentação animal na forma de grãos ou de forragem verde ou conservada, na alimentação humana ou na geração de receita mediante a comercialização da produção excedente. Outro ponto importante são as vantagens comparativas do milho em relação a outros cereais ou fibras no que diz respeito ao consórcio dele com forrageiras.

## 2. METODOLOGIA EMPREGADA

### 2.1. Local Da Pesquisa

A estação de tratamento de esgoto é composta por um tratamento preliminar (grade de retenção de sólidos grosseiros, caixa de remoção de areia e medidor de vazão) e lagoas de estabilização em série (uma lagoa facultativa e três lagoas de maturação) (Figura 01).

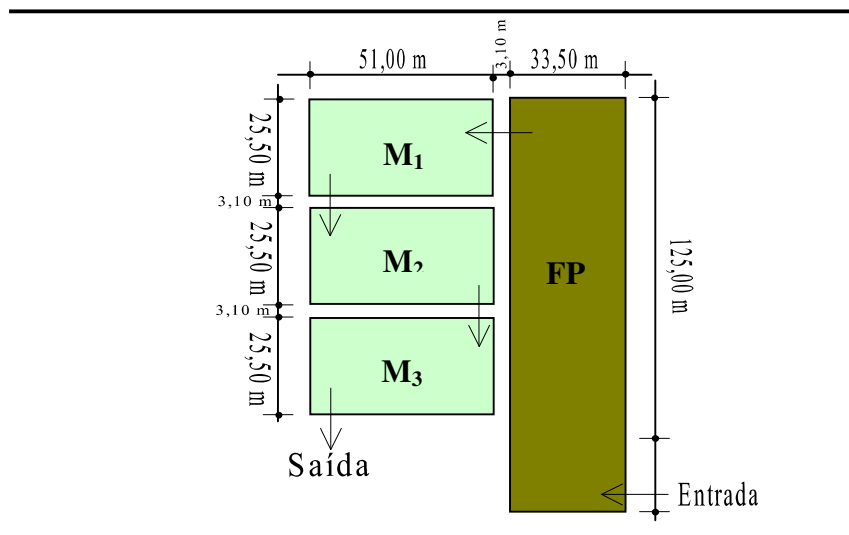


Figura 01 – Lagoas de estabilização do Bairro Dias Macedo (conjunto Renascer). Infra-estrutura do experimento.

Foram construídas estruturas para pesquisa sobre reúso de água em hidroponia:

Para possibilitar a atividade agrícola, foram construídos canteiros em alvenaria de (2x1 metros), com declividade de 3% e com estruturas hidro-sanitárias de alimentação de águas de reúso originadas da planta de tratamento de efluente, ou seja, da terceira lagoa de maturação.

Em relação à hidroponia em bancadas, foi construída uma estrutura de estufa com cobertura em sombrite (6x3 metros), sendo estas bancadas em madeira (4x1 metros), servindo de suporte para os canos em PVC que receberão as mudas para o desenvolvimento. Para a alimentação da estrutura, temos uma “casa de bomba” que possibilita a recirculação da solução nutritiva e do esgoto tratado pelos PVCs.

### 2.2. Etapas Da Pesquisa:

#### 2.2.1. Primeira Etapa: Monitoramento da qualidade da água para reúso

O monitoramento da qualidade da água para reúso é realizado trimestralmente através de uma caracterização físico-química e bacteriológica do afluente e do efluente do sistema de lagoas de estabilização. Os principais parâmetros analisados são:

Físicos	Químicos	Microbiológicos	Metais Pesados
Condutividade elétrica Temperatura pH Sólidos e Frações Turbidez Óleos e Graxas	Demanda química de oxigênio (DQO) Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) Amônia Nitrogênio e frações Fósforo e frações Cloretos Cálcio Magnésio Sulfato Potássio Sódio	Coliformes fecais Ovos de helmintos Clorofila "a"	Cobre Zinco Manganês Mercúrio Chumbo Prata Cromo Ferro

As amostras são processadas conforme metodologia APHA *Standard Methods* (1998) e os parâmetros são analisados de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 e de acordo com as diretrizes para reuso da Organização Mundial de Saúde (OMS).

### 2.2.2. Segunda Etapa: Identificação e seleção das culturas

A identificação e a seleção das culturas utilizadas na pesquisa se tornaram possível a partir dos resultados das análises, principalmente as microbiológicas. Adotou-se como referencia as diretrizes microbiológicas da OMS (2006) para o uso agrícola de esgotos sanitários.

### 2.2.3. Terceira Etapa: Implantação do reuso

Foram realizadas medições das vazões dos canteiros de hidroponia para regulação da vazão, evitando que esta influencie na alteração de dados obtidos na pesquisa.

Na hidroponia em canteiros realizaram-se quatro experimentos. No primeiro experimento utilizou-se o primeiro canteiro e no segundo, utilizou-se o primeiro e o segundo canteiro. A densidade de milho foi de 3,5 Kg por metro quadrado e a vazão de irrigação foi de 3L/min com turno de rega de 15 minutos de irrigação por 45 minutos sem irrigação. No terceiro experimento, utilizaram-se os quatro primeiros canteiros, sendo nos dois primeiros utilizada a densidade de 3,0 Kg por metro quadrado e nos dois últimos 3,5Kg por metro quadrado. No quarto experimento foram utilizados cinco canteiros, sendo os dois primeiros com milho da variante BR 106 e os três últimos com milho comum, sendo que todos os canteiros utilizaram a densidade de 3,5Kg por metro quadrado. .

Antes de colocar as sementes no canteiro realizou-se o processo de hidratação das sementes de milho e de pré-germinação. O processo de hidratação consiste em deixar as sementes submersas em água durante 24 horas. Logo após coloca-se as sementes em local arejado e escuro por 48 horas (pré-germinação) e a cada 24 horas mergulha-se as sementes em água durante cinco minutos.

Para verificar a germinação do milho nos dois primeiros experimentos, realizou-se o processo de hidratação das sementes e pré-germinação com cem sementes e após o processo pode-se identificar a quantidade de sementes que germinaram.

### 2.2.4. Quarta Etapa: Avaliação do material agrícola produzido

A qualidade sanitária e nutricional dos produtos agrícolas obtidos (figura 03) será analisada conforme critérios da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).



**Figura 03: produto agrícola obtido**

### 3. RESULTADOS ALCANÇADOS

Os principais resultados das análises físico-químicas e microbiológicas do esgoto tratado utilizado para reúso são apresentados na tabela 01 e na tabela 02. Os laudos emitidos para as coletas foram dados pelo Laboratório Integrado de Águas Mananciais e Residuárias do CEFETCE – LIAMAR e pelo Laboratório de Processos e Análises Químicas – LCA.

**Tabela 01: Caracterização físico-química do esgoto utilizado na irrigação da forragem de milho:**

PARÂMETROS	1º coleta (18/04/2007)	2º coleta (10/07/2007)	3º coleta (06/11/2007)	4º coleta (06/03/2008)
pH	7,9	8,12	8,3	7,96
Cor(uH)	321	466	570	628,0
Condut. Elétrica (mS/ cm)	644	839	1616	1366,0
Nitrogênio Amoniacal(mg/L)	11,280	10,100	8,561	*
Nitrogênio Kjeldahl (mg/L)	22,390	16,860	13,430	28,7
Fósforo Total (mg/L)	5,453	6,550	10,500	8,45
DBO 5(mg/L)	426,000	79,000	387,820	20,2
DBO 5(mg/L) SAÍDA FILTRADA	PEND	46,000	225,000	*
DQO (mg/L)	620,000	134,000	803,600	804,56
DQO (mg/L) SAÍDA FILTRADA	487,000	84,000	487,000	*
Nitrato (mg/L)	0,079	0,158	0,134	0,05
Sódio (mg/L)	95,590	69,200	*	140,0
Potássio (mg/L)	14,650	18,000	*	20,53
Cálcio (mg/L)	18,800	44,300	30,530	192,98
Magnésio (mg/L)	21,000	46,400	27,770	103,87
Sulfato (mg/L)	18,900	27,700	85,170	39,88
Cloretos (mg/L)	64,900	227,900	466,100	44,34
Clorofila "a"	*	*	161,070	199,0

\* = Análises não realizadas

**Tabela 02: Caracterização microbiológica do esgoto utilizado na irrigação da forragem de milho:**

	<b>Horário</b>	<b>CTT</b>	<b>EC</b>
1° Coleta	12:00	1,70E+03	2,70E+02
	18:00	5,00E+04	5,00E+04
2° Coleta	12:00	5,00E+02	2,30E+02
	18:00	1,30E+04	1,30E+04
3° Coleta	6:00	1,30E+03	1,30E+03
	12:00	1,30E+03	5,00E+02
	18:00	2,30E+03	8,00E+02
4° Coleta	12:00	0,80E+03	0,40E+03

**CTT = Coliformes Termotolerantes** **EC = *Escherichia Coli***

A partir dos resultados microbiológicos obtidos na caracterização do efluente durante as três coletas pode-se concluir que, segundo a OMS 1989, o efluente final obtido poderia ser utilizado no reuso para culturas irrestritas a partir da opção “B”, que é o cultivo de forragens. O efluente somente não deve ser utilizado em culturas irrestritas “A”, que são culturas a serem consumidas cruas. E, ainda de acordo com a OMS de 1989, pode-se afirmar que não há recomendações quanto a quantidade de coliformes fecais para o cultivo de forragens.

Selecionou-se para os canteiros, o milho forrageiro, bastante utilizado no nordeste.

Foram utilizados nos dois primeiros experimentos uma massa de 4 Kg de milho não-selecionado. A germinação do milho foi de 75%. Após o processo de hidratação e pré-germinação do milho obtiveram-se as plântulas, que foram distribuídas uniformemente sobre os canteiros (figura 04). Sabendo que a forragem hidropônica de milho (FHM) tem um ciclo de 15 dias, realizou-se a colheita do milho forrageiro (figura 05) do primeiro experimento no 15° dia de crescimento. Já no segundo experimento, a germinação do milho foi de 67%, sendo observado a presença de mofo em 6% das sementes no terceiro dia do teste. A colheita do segundo canteiro foi realizada com 21 dias, com o intuito de verificar se existiria grande diferença na produção e produtividade com um período maior de desenvolvimento. Sendo, que os resultados foram comprometidos, visto que ocorreu um ataque de praga de lagarta Spodoptera frugiperda ou lagarta-do-cartucho, inicialmente no primeiro canteiro (13ª dia) e logo se estendeu para o segundo canteiro (16ª dia). Na tabela 03 apresentamos os resultados dos dois experimentos.

**Tabela 03. Resultados da forragem de milho**

PARÂMETROS	1ª ETAPA	2ª ETAPA	
		1º CANTEIRO	2º CANTEIRO
Altura média de Plantas (cm)	21	20	23,5
Produção Matéria Verde – MV (Kg)	9,0	12,6	13,5
Produtividade (Kg FVH/m <sup>2</sup> )	3,4	3,0	3,3
Produtividade(Kg MV/Kg Semente)	2,6	3,6	3,8



**Figura 04 – milho distribuído de forma uniforme no canteiro (conjunto Renascer).**



**Figura 05 – colheita do milho forrageiro.**



As vazões dos canteiros foram verificadas e assim realizou-se ajustes para quatro litros por minuto em todos os experimentos realizados. Porém, embora os canteiros tenham sido feitos com declividade de 3% pelo comprimento e de 0% na largura, houveram casos onde se observou crescimento desigual das plantas distribuídas pelo canteiro, com causa provável de má nivelção, causando acúmulo de água e um maior aporte de nutrientes nestes locais causando maior mensuração foliar.

Para se obter uma estimativa sobre a produtividade máxima, foi utilizado para o cálculo produtividade máxima a ser obtida, a seleção de uma amostra de 10cm<sup>2</sup> do local do canteiro que obteve maior mensuração foliar, observada de forma visual. Para o 3° e 4° experimentos, houve ajustes na parte estrutural do canteiro, para que este não tivesse influência no crescimento da planta.

No terceiro experimento, que foi realizado durante o período de chuvas, portanto necessitava de cobertas de lona plástica (figura 06), o milho ficou disposto por 24 horas em baldes com 5 litros de água. Após este período, foram levados às lonas, onde ficaram no escuro por 24 horas e depois recolhidas nos baldes para novamente serem submergidos em água, mas com 1% de água sanitária – feito para evitar o ataque de fungos – e levados novamente às lonas para secagem por 24 horas. Após este período, os milhos foram levados aos canteiros. O plantio foi feito ao fim da tarde e o canteiro foi umedecido com água corrente para reduzir a temperatura do canteiro.

A colheita seria realizada no vigésimo dia para título de teste, mas não foi feita devido ao ataque de pássaros pardais, que atacavam as raízes e utilizavam a forragem como ninho no período da noite, favorecido este acontecimento pela presença de cobertas plásticas por conta da chuva.

Com quinze dias do milho no canteiro, foram feitos corte de duas amostras de 100g de cada canteiro (figura 07) para teste de massa verde e massa seca. Os métodos e os cálculos realizados nesta análise, de acordo com Silva e Queiroz, 2002, estão descritos abaixo:

A pré-secagem da amostra é feita utilizando circulação forçada de ar a 55°C por 24 horas. Após este período, a amostra pré-seca foi pesada. Depois de algum tempo as amostras pré-secas foram recolocadas na estufa a 100°C por 24 horas para secagem definitiva. Para o cálculo da pré-secagem, é necessário colocar o peso do material pré-seco multiplicá-lo por 100 e dividir o resultado pelo peso da amostra do material verde. Para o cálculo da secagem definitiva é necessário o peso do material seco pela estufa por 24h a 100°C, multiplicá-lo por 100 e dividir o resultado pelo peso da amostra colocada na estufa. Para calcular a matéria seca forrageira, pega-se o valor decimal do resultado da porcentagem de matéria seca definitiva multiplicada pelo da pré-seca vezes 100. E, para o cálculo da umidade é feito 100 menos o valor da matéria seca forrageira. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 04.



**Figura 06: canteiros recobertos com lona plástica**

**Tabela04: resultados das análises de massa verde e massa seca.**

Identificação do Canteiro	Amostra	Peso do Material Verde	Peso do Material Pré-Seco	Peso do Material Seco	Cálculo (%) Material Pré-Seco	Cálculo da Matéria Seca Definitiva	Cálculo da Matéria Seca Forrageira	Cálculo da Umidade
1	A1	100g	20g	15g	20%	75%	15%	85%
	A2	100g	30g	25g	30%	83,33%	25%	75%
2	B1	100g	25g	20g	25%	80%	20%	80%
	B2	100g	20g	15g	20%	75%	15%	85%
3	C1	100g	30g	15g	30%	50%	15%	85%
	C2	100g	20g	15g	20%	75%	15%	85%
4	D1	100g	30g	15g	30%	50%	15%	85%
	D2	100g	15g	15g	15%	100%	15%	85%



**Figura 07: teste de massa verde e massa seca**

No quarto experimento, foram utilizados cinco canteiros com densidades de 3,5Kg por metro quadrado. Assim como no terceiro experimento, a pré-germinação foi feita e foi utilizado 1% de solução com água sanitária para prevenir contra a manifestação de fungos. No primeiro e no segundo canteiros, foram utilizados milho da variante BR 106 e, nos três últimos canteiros, milho não selecionado. No 15º dia, foi observada a produção e feita a colheita (figura 08) e estimada a produção e a produtividade por canteiro. Os resultados sobre a produção e a produtividade estão dispostos na tabela 05.

**Tabela 05: dados de produção e produtividade do quarto experimento de cultivo de milho em canteiros hidropônicos.**

CANTEIRO	PRODUTIVIDADE (Kg FVH/m <sup>2</sup> )	PRODUTIVIDADE (Kg MV/Kg semente)	PRODUÇÃO MV CANTEIRO (Kg)
1º	16,14	2,04	14,32
2º	14,45	1,52	10,68
3º	12,06	2,62	18,38
4º	13,21	2,15	15,09
5º	11,93	1,89	13,28





**Figura 08 - produção e colheita.**

#### **4. CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos nos cultivos de milho hidropônico demonstraram que é viável produzir forragem verde hidropônica de milho utilizando efluentes de lagoas de estabilização como alternativa a solução nutritiva.

Para a terceira fase de cultivo de forragem hidropônica de milho o cálculo de massa verde e massa seca mostrou resultados por volta de 83% de umidade, mas podem-se explicar estes resultados obtidos devido a colheita ter sido na fase vegetativa do milho.

No quarto experimento de cultivo de forragem hidropônica de milho obteve-se uma média de 13,5 Kg FVH/m<sup>2</sup>, mostrando a viabilidade do cultivo da forrageira.

Apesar de por muitos anos as lagoas de estabilização do conjunto Renascer terem ficado abandonadas e somente neste último ano terem sido monitoradas físico-química e microbiologicamente, pode-se constatar a viabilidade, segundo recomendações da OMS de 1989, para implantação do reúso com forrageiras.

#### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CAVALLINI, J. M.; YOUNG, L. E. **Tratamiento y uso de aguas residuales domésticas en América Latina.** In: Uso e reúso de águas de qualidade inferior – realidades e perspectivas, p. 24 – 39, Campina Grande, 2005.

CEPIS/OPAS/IDRC. **Sistema Integrado de Tratamiento y uso de Águas Residuales Domésticas de Sullana, Peru** – Modelo Referencial, 2000.

OPS/CEPIS/PUB. **Sistemas Integrados de Tratamento e Uso de Águas Residuárias na América Latina. Estudo de Viabilidade de Renascer,** Fortaleza, Brasil. Lima. 2002.

SILVA, D. J. & QUEIROZ, A. César de. **Análise de Alimentos.** Viçosa: UFV, 2002.