

II-186 – AVALIAÇÃO DO APROVEITAMENTO DA URINA HUMANA COMO FERTILIZANTE NA AGRICULTURA DE SUBSISTÊNCIA

Mariana Cardoso Chrispim⁽¹⁾

Bacharel em Gestão Ambiental pela Universidade de São Paulo. Mestranda em Saúde Pública na área de concentração de Saúde Ambiental, na Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Marcelo Antunes Nolasco

Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. É professor do Curso de Gestão Ambiental da Universidade de São Paulo nas áreas de saneamento ambiental e poluição das águas e orientador no Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da USP na área de concentração em Saúde Ambiental.

Endereço⁽¹⁾: Av. Leonardo da Vinci, 383 – Vila Guarani – São Paulo - SP - CEP: 04313-000 - Brasil - Tel: (13) 88302182 - e-mail: mariana.chrispim@usp.br

RESUMO

O saneamento ecológico é uma forma alternativa de saneamento, baseada em: prevenir a poluição das águas; proporcionar o saneamento de fezes e urina; e possibilitar o uso destes produtos para fins de agricultura. A partir desta abordagem, este projeto pretendeu: avaliar o uso da urina humana como fertilizante para o cultivo de milho (*Zea mays L.*) e alface (*Lactuca sativa L.*). Para isso foi realizado experimento com o plantio destas espécies, que receberam doses de urina, baseadas nas recomendações de adubação de cobertura de Nitrogênio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, do Instituto Agronômico do Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura, e de outras publicações técnico-científicas. A urina foi coletada a partir de um mictório seco instalado em um dos banheiros masculinos do *campus* da EACH. Para verificar a influência da urina nas características do substrato, alguns parâmetros físico-químicos foram analisados no início e ao final do cultivo de cada espécie; pH e condutividade elétrica foram medidos durante todo o período de cultivo. Os parâmetros biológicos das plantas foram medidos ao final do experimento e foram feitas análises estatísticas. Os resultados para o milho mostraram que o grupo que recebeu doses de urina regularmente, se desenvolveu significativamente melhor apresentando maiores valores em todos os parâmetros biológicos. Este grupo foi seguido pelo grupo que recebeu urina em dose única e pelo grupo controle (regado somente com água), que apresentou os piores resultados. Dessa forma, concluímos que a fertilização com urina é recomendada para o milho nas dosagens dos grupos que receberam urina. Para a alface, o grupo que recebeu a maior dosagem de urina, também obteve os maiores valores de parâmetros biológicos.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Urina, Reuso, Fertilizante, Esgoto.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito humano e um dos principais elementos para a erradicação da pobreza (WSSCC, 2000). Mas apesar disso, há muitas pessoas sem acesso ao saneamento. No Brasil, em relação à cobertura por redes de esgoto, dados da PNAD/IBGE de 2010, indicam que esta é inferior a 50%. Em propriedades rurais, é comum o uso de fossas rudimentares que contaminam águas subterrâneas e, consequentemente, os poços de água. Isso traz consequências como o aumento da ocorrência de doenças veiculadas por microorganismos presentes nas fezes e água, e outras decorrentes da contaminação dos alimentos cultivados nestes locais.

Além disso, mesmo as soluções existentes no âmbito do saneamento convencional geram muitos impactos ao meio ambiente, pois ainda consideram que o ambiente possui capacidade infinita de processar os resíduos.

Atualmente há uma abordagem denominada por Saneamento Ecológico. Esta pressupõe entre outros, a segregação das diferentes frações de esgotos nas suas origens, como águas cinzas (banho, cozinha, máquina de lavar e pias), água amarela (urina) e água negra (fezes), tendo por finalidade armazená-las e tratá-las separadamente e reutilizá-las, ao invés de diluí-las com água potável, como é feito em sistemas convencionais.

Assim, o saneamento ecológico possui características que permitem: prevenir a transmissão de doenças, já que seus subprodutos são tratados e utilizados posteriormente no solo, ou seja, não são despejados em corpos

d'água superficiais; aumentar o acesso ao saneamento, principalmente em comunidades pobres (pois possui um baixo custo); proteger o meio ambiente, já que evita a poluição das águas, melhora o solo com incremento de nutrientes, e conserva recursos naturais; e necessita de manutenção simples que pode ser realizada pelos próprios usuários (WINBLAD *et al.*, 1998). Deste modo, as tecnologias propostas pelo saneamento ecológico geram benefícios aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública.

O reaproveitamento de urina e fezes como fertilizantes pode diminuir a insegurança alimentar em algumas regiões pobres. Em muitos países, principalmente naqueles localizados no oeste do continente africano, a insegurança alimentar é agravada pela baixa fertilidade do solo, alta perda natural de nutrientes do solo, e pelo baixo acesso a fertilizantes químicos para a produção (ECOSAN CLUB, 2010).

Em diversos países como Suécia, Alemanha, China, Burkina Faso, Etiópia, México, Vietnã, El Salvador, Zimbábue, Índia, Noruega e em outros, têm sido desenvolvidos métodos específicos para o tratamento tanto de fezes quanto de urina de forma a garantir o uso seguro dos mesmos como fertilizantes na agricultura. Após o armazenamento e tratamento, as fezes podem ser utilizadas como fonte de matéria orgânica, e a urina, pode ser usada na agricultura sem tratamento prévio, ou apenas após um pequeno período de armazenamento, como fonte de nutrientes para o solo (ROSEMARIN *et al.*, 2004).

Experimentos desenvolvidos em diversos países têm testado o uso da urina humana como fertilizante para várias espécies, como: árvores frutíferas, alface, milho, cebola, tomate, espinafre, couve, alho-poró e em plantas ornamentais, como a rosa. (MORGAN, 2007; OTTERPOHL, 2007; PRADHAN *et al.*, 2007). Além de possuir macro e micronutrientes que propiciam o crescimento da plantas, a urina pode funcionar como inseticida ou fungicida (MUNCH, 2011). Estes estudos vêm demonstrando resultados positivos com o uso da urina como fertilizante.

Esse reaproveitamento da urina na agricultura possui baixos riscos à saúde. Segundo a Organização Mundial da Saúde, dependendo da espécie a ser fertilizada, e da temperatura ambiente, o período de armazenamento pode variar entre 1 e 6 meses antes de ser usada por sistemas comunitários. Mas afirma que o armazenamento não é necessário em sistemas individuais (nível familiar) (WHO, 2006).

Dentro deste panorama, este trabalho abordou a questão do saneamento aliado ao aproveitamento seguro da urina humana como fertilizante do solo para melhoria da produção agrícola em escala piloto, no *Campus* da EACH/USP em São Paulo. O objetivo principal foi: avaliar a viabilidade do aproveitamento de nutrientes presentes na urina humana como fertilizante alternativo no crescimento da espécie *Zea mays* L. (milho) e da espécie *Lactuca sativa* L. (alface).

MATERIAIS E MÉTODOS

A urina humana foi coleta de um mictório seco da marca Uridan® que foi instalado em um dos sanitários masculinos do campus da Escola de Artes Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. Este mictório teve sua tubulação adaptada para conduzir a urina para um reservatório de 10 L localizado abaixo do mesmo.

Para analisar o uso da urina humana como fertilizante no cultivo do milho e da alface foram estabelecidos alguns grupos experimentais cada um com uma dosagem, e o grupo controle. A Tabela 1 contém estas doses.

Tabela 1: Doses de urina como fertilizante para o milho e para alface.

Grupo/Espécie	Milho	Alface
A	125 mL por vaso, 1 vez por semana, até completar 8 aplicações.*	48 mL por vaso, distribuídos em 3 aplicações: 15, 30 e 45 dias após o plantio.
B	54 mL por vaso, 35 dias após o plantio.	400 mL de urina diluída por vaso, na proporção de diluição 3:1 (água : urina), duas vezes por semana no 1º mês; no 2º mês na proporção 5:1; e no 3º mês 5:1 só uma vez por semana.*
C	Regado apenas com água.	51 mL por vaso, uma vez 48 dias após o plantio.**
D	—	Regado apenas com água.

* Baseado em MORGAN (2007).

** Baseado em GUADARRAMA, PICHARDO e OLIVER (2002).

Todos os grupos foram regados com o mesmo volume de água. Foi utilizado um dispositivo de rega manual para facilitar a distribuição de água sobre o vaso. Este volume para rega foi determinado de 400 mL por vaso com freqüência de 3 vezes por semana. Nos dias em que os grupos A e B foram fertilizados com a urina, a rega de água foi posterior à aplicação da urina, conforme é recomendado para quando a urina é aplicada sem diluição, para evitar a salinização do solo (GENSCH; MISO; ITCHON, 2011). Não houve armazenamento da urina antes de sua utilização como fertilizante do grupo A. Porém para fertilização do grupo B houve armazenamento da urina durante 7 dias, pois isso ocorreu em semana de recesso no *campus*.

A urina foi aplicada somente ao substrato, sem contato direto com as raízes das plantas durante todo o seu crescimento. Sendo assim, a urina foi incorporada ao substrato a 10 cm de distância da planta e com cerca de 10 cm de profundidade (GENSCH; MISO; ITCHON, 2011).

A dose e diluição do grupo A foi baseada no experimento de MORGAN (2005). A primeira dosagem de 125 mL de urina foi aplicada 9 dias após o plantio. A 2ª dosagem de urina foi aplicada uma semana depois. A partir da 3ª dosagem a freqüência foi a mesma de Morgan. A dose do grupo B do milho foi baseada nas necessidades de adubação de cobertura de nitrogênio da planta. Esta dose foi determinada através de recomendações da EMBRAPA (COELHO *et al.*, 2006) e do IAC (IAC, 2005). Isso resultou em 54 mL de urina para cada vaso ou 10800 litros de urina/ha. Este cálculo foi baseado na quantidade média de nitrogênio na urina, que é de 11 gramas em 1,5 litros de urina. Foi colocado 7 kg de terra vegetal em cada vaso (10 L) e foram colocadas 3 sementes de milho por vaso para aumentar as chances de germinação. Os vasos foram dispostos ao acaso, por metodologia de sorteio para evitar influência de fatores externos.

O volume dos vasos dos grupos da alface foi de 8 L, com exceção do grupo C, cujos vasos possuíam 5 L. Isso foi considerado na determinação do volume de água para a rega. A rega foi manual, e o volume de água foi de 180 mL para os vasos dos grupos A,B e D, e 118 mL para os vasos do grupo C. A dose determinada para o grupo A foi baseada nas necessidades nutricionais da alface (IAC, 2005). Isso resultou em 48 mL de urina pura (ou 12000 L/ha), que foram aplicados em 3 vezes de doses de 16 mL para cada vaso, durante o crescimento da planta (após 15, 30 e 45 dias após o plantio). Para o grupo B, a dose foi baseada em experimentos de Peter Morgan em Zimbábue (MORGAN, 2007). Desta forma, esta dose seguiu estas recomendações, mas foi adaptada para o volume de vaso de 8 litros, resultando uma dose de 400 mL de urina diluída. A dose de urina do grupo C foi baseada em experimento realizado no México, por GUADARRAMA, PICHARDO e OLIVER, 2002. Considerando a proporção média de N na urina e o volume do vaso utilizado, isto resultou em 51 mL de urina pura para cada vaso de 5 litros (ou 20000 L/ha) aplicados somente uma vez, passados 48 dias do plantio. A aplicação da urina ao solo foi de modo semelhante a do experimento do milho. Foi colocado aproximadamente 5,5 Kg de terra vegetal em cada vaso de 8L e 3 Kg de terra vegetal em cada vaso de 5 L. Para aumentar as chances de germinação foram colocadas 6 sementes por vaso.

O período de monitoramento do crescimento do milho foi de 5 meses e 17 dias e da alface foi 3 meses e 8 dias. Para comparar estes diferentes tratamentos de fertilização com o uso da urina e o grupo controle e avaliar qual

a dose é recomendada para cultivo, foram medidos os parâmetros: área foliar, massa de raízes, e a massa seca da parte aérea da planta para o milho (MORGAN, 2005); e comprimento de raízes e a massa fresca da parte aérea para a alface (MARQUES *et al.*, 2003).

Após estes parâmetros serem medidos, os dados foram submetidos à análise estatística. Como nenhuma das variáveis era normal, foi necessário fazer uma transformação nas variáveis e aplicamos o teste de ANOVA (Análise de Variância). Isso foi feito pelo programa Minitab.

Foram realizadas anteriormente ao plantio, e ao final do crescimento das plantas (alface e milho), análises da terra vegetal (substrato) usada, de alguns parâmetros, como: matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, acidez potencial, micronutrientes e nitrogênio total (para alface). As análises de pH e da condutividade elétrica do substrato foram feitas através da diluição de determinada massa de substrato em água deionizada, e posterior medição com o auxílio de um pHmetro microprocessado Quimis, e um condutivímetro microprocessado Q795M2 da mesma marca.

RESULTADOS

Após o período de monitoramento do cultivo, os dados foram coletados e analisados estatisticamente. Através das análises pudemos concluir que havia diferença significativa entre os 3 grupos (tratamentos), pois o p-valor do teste F no ANOVA foi menor que 5%. As plantas do grupo A apresentaram maior massa seca da parte aérea, maior massa de raízes e maior área foliar, o que comprova o melhor desenvolvimento, com melhor absorção de nutrientes, principalmente de nitrogênio; menor déficit hídrico, e maior capacidade fotossintética (SEVERINO *et al.*, 2004; MARRIEL *et al.*, 2000). O segundo melhor resultado para os parâmetros biológicos das plantas medidos foram para o grupo B, seguidos pelo grupo C (regado somente com água). Ao final do cultivo, todos os vasos do grupo A possuíam plantas com espigas, e dois vasos do grupo B também possuíam espigas. Nenhuma planta do grupo C apresentou espigas, e todas alcançaram um número muito inferior de folhas. Foi observado que as plantas do grupo A se desenvolveram melhor do que as dos demais grupos, possuíram maior altura, maior número de folhas, e maior número de espigas por planta se compararmos às plantas pertencentes aos demais grupos. As plantas do grupo C apresentaram os menores valores para todas as variáveis. Através das análises de solo foi possível perceber que os parâmetros do substrato não variaram significativamente de um grupo para o outro. A única diferença perceptível é que no substrato A houve aumento do teor de potássio. O grupo B foi o que apresentou maior número de parâmetros com aumento, e apresentou as maiores diferenças entre valores de cada parâmetro antes e após cultivo. As análises de pH e condutividade elétrica da terra vegetal de cada grupo resultaram em valores médios mais baixos de pH para o grupo A, e mais altos para o grupo B e C. Entretanto este efeito costuma ser temporário, porque quando o nitrato é absorvido pela raiz da planta, libera 2 íons de hidróxido no solo neutralizando a ação dos prótons (SCHONNING, 2001). Os resultados das análises de condutividade elétrica indicaram que houve significativo aumento da condutividade elétrica do substrato do grupo A. Já o grupo B e o grupo C mantiveram-se com valores próximos e praticamente constantes. Ainda assim é interessante notar que a condutividade elétrica do grupo A, que recebeu a maior dosagem de urina, aumentou muito, mas depois diminuiu.

Quanto ao cultivo da alface, foi possível perceber que houve mortalidade em todos os grupos, provavelmente a causa foi o ataque de pragas observadas em algumas folhas (tesourinha e lagarta minadora). Ao final do cultivo, os grupos A e D foram os que apresentaram menor mortalidade de plantas, seguidos pelo C e pelo grupo B. Em relação ao número de folhas, o grupo B possuiu o maior número médio de folhas. Através das análises estatísticas foi possível verificar que para todos os parâmetros: comprimento de raízes e massa fresca da parte aérea, o tratamento B foi o que obteve os maiores resultados, e o padrão de distribuição foi o mesmo, os maiores valores foram do grupo B, seguidos pelos grupos C, A e D. O gráfico 1 mostra as análises estatísticas para a massa fresca da parte aérea.

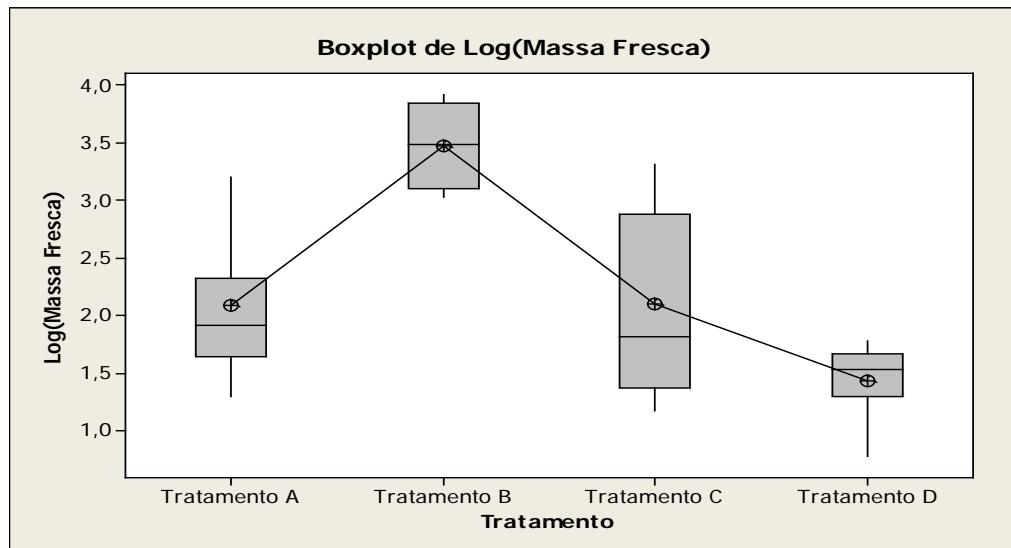


Figura 1: Box-plot da distribuição dos dados de massa fresca da parte aérea da alface.

Isso comprovou o efeito positivo da urina como fertilizante no cultivo da alface, já que o grupo controle obteve os menores valores, e os valores de massa fresca da parte aérea e de comprimento de raízes foram proporcionais à quantidade de urina aplicada ao substrato. Os grupos regados com urina, principalmente o grupo B, obtiveram melhores valores de massa fresca da parte aérea, o que indica que tiveram maior capacidade de retenção de água e maior disponibilidade de nutrientes no substrato (MEDEIROS *et al.*, 2001). Estes grupos também obtiveram os maiores valores de comprimento de raízes o que pode indicar melhor crescimento das plantas, melhor absorção de água e nutrientes.

O teor de nitrogênio total, as concentrações de Boro, Zinco, Manganês, Fósforo, Potássio e acidez potencial foram maiores no substrato do grupo B, os teores de Cálcio, Magnésio, Soma de Bases, CTC e V% foram maiores no substrato do grupo A. E o grupo D obteve o maior valor de matéria orgânica. Os resultados de pH e a condutividade elétrica do substrato apresentaram padrão semelhante ao do experimento do milho.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

A utilização de urina humana como fertilizante é uma alternativa viável a ser implantada sem maiores dificuldades, como vem sendo demonstrado até o momento em muitos países.

Tanto no cultivo do milho quanto no cultivo da alface os grupos regados com a dosagem de urina se desenvolveram significativamente melhor do que o grupo controle regado só com água, e apresentaram maiores valores em todos os parâmetros biológicos medidos.

Recomenda-se para cultivo do milho, as dosagens dos grupos A e B, porém esta última com resultados menos significativos.

No cultivo da alface, o grupo que recebeu a maior dosagem apresentou elevada mortalidade, o que podemos supor que seja devido à elevada condutividade elétrica e à diminuição do pH do substrato, ou por toxicidade de micronutrientes.

Recomenda-se para a espécie alface, além da dosagem utilizada no grupo B, a dosagem utilizada no grupo C, que obteve também valores elevados nos parâmetros medidos e menor mortalidade.

Os substratos da alface que receberam a dosagem de urina tiveram maiores valores de nutrientes comparados ao grupo controle. O grupo que recebeu maior dosagem de urina teve o maior valor na maioria dos parâmetros do substrato analisados.

No Brasil e em muitos países ainda há falta de políticas que incentivem e estimulem o reaproveitamento das excretas como fertilizantes e a adoção de novas práticas de saneamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. COELHO, A. M. et al. Cultivo do Milho. Fertilidade de solos -Nutrição e Adubação do Milho. In: Sistemas de Produção. Versão Eletrônica, 2^a edição, Dez.2006.
2. ECOSAN CLUB. Sustainable Sanitation Practice – Use of urine. Vienna: Medieninhaber, Herausgeber und Verleger , 2010.
3. GENSCH, R.; MISO, A.; ITCHON, G. Urine as Liquid Fertilizer in Agricultural Production in the Philippines. A practical field guide. Cagayan de Oro City .Xavier University. 2011.
4. GUADARRAMA, R. O.; PICHARDO, N. A. e OLIVER, E. M. Urine and compost efficiency applied to lettuce cultivation under greenhouse conditions intemixco, Morelos, México. Morelos: EcoSanRes Programme. 2002.
5. INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC). Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Horticultura. Alfase. Boletim 200. 2005.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo demográfico 2010.
7. MARQUES, P. A. A. et al. Qualidade de mudas de alfase formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. Hortic. Bras., Brasília, v. 21, n. 4, 2003.
8. MARRIEL I. E. et al. Morfologia radicular e eficiência de absorção de nitrogênio em genótipos de sorgo influenciados pelo suprimento de nitrogênio em substrato hidropônico. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, Minas Gerais, 2000.
9. MEDEIROS, L. A. M. et al. Crescimento e desenvolvimento da alfase (*Lactuca sativa L.*) conduzida em estufa plástica com fertirrigação em substratos. Ciência Rural, Santa Maria, v.31, n.2, p.199-204, 2001.
10. MORGAN, P. Successful demonstration activities in the use of toilet compost and urine as a source of nutrients for growing crops. Sustainalbe Sanitation Alliance, Harare, 2005.
11. MORGAN, P. Toilets That Make Compost - Low-cost, sanitary toilets that produce valuable compost for crops in an African context. Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute, Ecosanres Programme, 2007.
12. MUNCH, E. V. Urban agriculture and fertiliser trials. Course 3, unit 2. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization -IHE* (Institute for Water Education) 2011.
13. OTTERPOHL, Ralph et al. Water The potential of nutrient reuse from a source-separated domestic wastewater system in Indonesia-case study: ecological sanitation pilot plant in Surabaya. WATER SCIENCE & TECHNOLOGY, 56:5, p.141-148, 2007.
14. PRADHAN, S. et al. Use of Human Urine Fertilizer in Cultivation of Cabbage (*Brassica oleracea*)— Impacts on Chemical, Microbial, and Flavor Quality. Journal of Agricultural and Food Chemistry. American Chemical Society, September 26, 2007.
15. ROSEMARIN, A. et al. Ecological Sanitation. 2^a edição. Estocolmo: Stockholm Environment Institute, p.147, 2004.
16. SCHONNING, C. Urine diversion - hygienic risks and microbial guidelines for reuse. In: HOGLUND, C.,2001: Evaluation of microbial health risks associated with reuse of source separated human urine, PhD thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2001.
17. SEVERINO, L.S. et al. Método para determinação da área foliar da momoneira. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v. 8, n.1, p. 753-762, 2004.
18. WATER SUPPLY AND SANITATION COLLABORATIVE COUNCIL (WSSCC). Vision 21: A shared vision for hygiene, sanitation and water supply and a framework for action. Research on how the composting process impacts greenhouse gas emissions and global warming. Compost Science & Utilization 10, p. 72-86, 2000.
19. WINBLAD, U. et al. Ecological Sanitation. Estocolmo, Suécia: Swedish International Development Cooperation Agency. Department for Natural Resources and the Environment, 1 ed., 1998.
20. WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Water Sanitation and Health. 2006.