

ALTERNATIVAS ECONOMICAMENTE VIÁVEIS PARA O REUSO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO

1 - Cristian José Simões Costa cristiancosta@gmail.com 2 - João Victor Santos Silva
jvictorcabral96@gmail.com

1- Professor do Instituto Federal de Alagoas 2 - Aluno de Agroecologia IFAL

Resumo

O artigo se destina a uma revisão na literatura sobre o tratamento da água para reuso na agricultura e integra uma pesquisa do projeto PIBIC do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) cujo objetivo é a montagem de uma maquete que simula o tratamento da água residuária em três fases: O tratamento biológico anaeróbio, o tratamento através da desinfecção por aquecimento da água e o tratamento através da radiação ultravioleta do sol. O texto considera a diretriz adotada pelo Conselho Econômico e Social da Organização das Nações Unidas segundo a qual, a não ser que haja grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deverá ser utilizada em atividades que tolerem águas de qualidade inferior (CNRH RES. Nº. 54, DE 28/11/ 2005). A importância do artigo está vinculada à investigação de fontes alternativas e baratas para tratamento dos efluentes, buscando o estabelecimento dos parâmetros estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) que determina um limite de Coliformes termotolerantes < 1000/100mL em água utilizada na irrigação de plantas frutíferas. A pesquisa tem um propósito econômico e ambiental importante pelo fato de propor uma alternativa viável para produção vegetal de espécies madeireira e forrageira com custo reduzido e ainda proporcionar a redução do impacto negativo causado pela liberação do efluente sem tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Reuso de água, Semiárido, sustentabilidade.

A intensificação das atividades agrícolas e pecuárias modificou o cenário ocupado pela espécie humana no globo terrestre. Algumas revoluções, dentre elas a Revolução Verde, a Industrial e a Tecnológica incentivaram uma maior exploração dos recursos naturais aumentando o desequilíbrio ambiental e a poluição do meio.

Neste cenário crítico de preservação dos recursos naturais, notadamente os recursos hídricos devemos repensar nossas práticas e modelos adotados quanto aos sistemas de descarte de algum tipo de resíduo.

Neste panorama, em 1972, a Organização das Nações Unidas – ONU realizou a *Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente* que tinha como um dos temas principais a exploração dos recursos naturais. Os próximos passos seguidos por conferências mundiais, leis e decretos tendo por tema o meio ambiente foram resultados de uma transformação no pensamento e no comportamento humano assumindo-se a obrigação de tentar resolver os problemas da degradação ambiental.

O aumento das atividades industriais e agrícolas sem planejamento implicou no comprometimento dos diversos ciclos naturais responsáveis pela manutenção da biodiversidade, da qualidade do ar e da água, essenciais para manutenção da vida. A água, por exemplo, passou a ser utilizada como recurso hídrico e não mais como um bem natural, disponível no ciclo biogeoquímico e que assegurasse a existência humana e das demais espécies. Passamos a usá-la sem nenhum discernimento, encontrando sempre novos usos, sem avaliar as consequências ambientais em relação à quantidade e à qualidade da água e ao seu processo de renovação (BACCI e PATACA, 2008).

Pensando em alternativas viáveis de economia hídrica e que possam promover o desenvolvimento econômico e social da região semiárida, o artigo faz parte de um projeto de pesquisa PIBIC desenvolvido no Instituto Federal de Alagoas (IFAL) com o objetivo de uma montagem de um sistema de tratamento e reuso de água. O artigo traz uma revisão da literatura sobre o tratamento da água residuária para reuso na agricultura focando principalmente no tratamento anaeróbico, esterilização por aquecimento solar e utilização da radiação ultravioleta por serem métodos baratos e pela grande disponibilidade de energia solar na região semiárida.

Para Fonseca *et al*, (2007), a utilização da água de reuso que atenda à legislação ambiental, além da importância do uso agrícola, o uso dos efluentes tem sido, em diversos locais, uma alternativa viável para a disposição das águas residuárias no ambiente, reduzindo

o impacto ambiental nas águas superficiais e subterrâneas devido à liberação de efluentes não tratados, o que eleva a qualidade de vida da população.

A regulamentação do reuso da água para usos múltiplos é observada em vários países, como exemplo do EUA, México, Arábia Saudita, Japão, Austrália, Peru, Alemanha, África do Sul, Israel, Kwait e China (BLUMENTHAL et al., 2000).

Estima-se que cerca de 10 % da carga global de doenças ocorra devido à má qualidade da água e a deficiências na disposição de excretas e na higiene (PRÜSS-USTIN et al. 2008). Quase 90 % dos cerca de 4 (quatro) bilhões de episódios anuais de diarreia, em todo o mundo, (que causam 1,5 milhões de mortes em menores de cinco anos) são atribuídos a deficiências no esgotamento sanitário e na provisão de água de boa qualidade. Por outro lado, sabe-se que até 94 % dos casos de diarreia são passíveis de prevenção (WHO / UNICEF, 2006).

Cerca de 5 mil pessoas morrem diariamente devido a alguma doença de veiculação hídrica. Em locais cujo saneamento adequado não existe 70% dos leitos hospitalares são ocupados por doenças cuja origem é proveniente da água ingerida com algum vestígio de esgoto. O relatório do ano de 2013 da Agência Nacional de Águas (ANA) mostra a carência de redes coletoras de águas residuárias no Brasil, o que indica a ausência de sistemas de tratamento, a disposição final inadequada das águas residuárias e, conseqüentemente, a poluição das águas. A figura 01 identifica que as redes de coleta estão disponíveis em locais com grande concentração populacional.

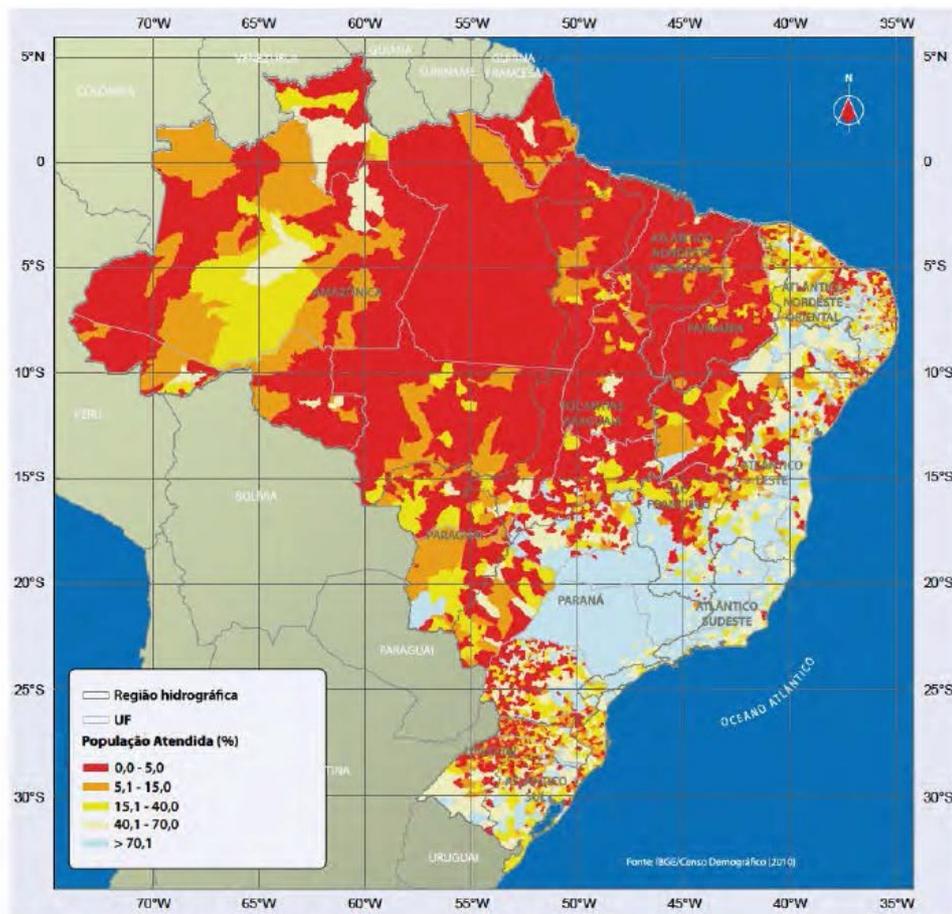


Figura 01 - Atendimento urbano por rede coletora de água residuária no Brasil (Fonte: ANA, 2013)

Os efluentes líquidos, por conduzirem diversas substâncias orgânicas e microorganismos, merecem atenção especial, uma vez que estamos enviando sempre para um ambiente sensível: córrego, rio, lençol freático ou no mar e que as atividades humanas são totalmente dependentes. Água contaminada significa prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

Os efluentes domésticos e alguns efluentes industriais apresentam, na sua composição, diversos elementos considerados nutrientes necessários ao desenvolvimento de plantas. Esses elementos, quando lançados em excesso no meio ambiente, são a causa de impactos negativos nos recursos hídricos e no solo. Porém, quando reaproveitados de forma controlada através da fertirrigação, podem beneficiar a natureza pela eliminação de poluentes e pela economia que propiciam na redução da extração de matérias-primas do ambiente (REBÊLO, 2011).

Diante da necessidade e da carência da água, principalmente em regiões semiáridas, o reuso agrícola se apresenta como uma alternativa para redução do consumo de água uma vez que cerca de 70% da água consumida é destinada à agricultura (GONÇALVES, 2009). Assim,

esse modelo se traduz em alternativas que fazem parte da reconstrução do pensamento humano em relação à questão ambiental salientando que a questão ambiental é, também, uma questão política e econômica (LISBOA, 2010).

A Lei nº 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, base para a pesquisa em foco, é um instrumento utilizado para equacionar os potenciais conflitos da relação disponibilidade e demanda que utiliza os conceitos de manejo e preservação, indispensáveis no mecanismo do desenvolvimento sustentável da região (VEIGA, 2008).

A pesquisa está pautada na necessidade de implantação de novos modelos de uso e gestão sustentável dos recursos naturais, notadamente os recursos hídricos e tem como norte a Resolução CONAMA Nº. 54, DE 28 DE NOVEMBRO DE 2005, que estabelece critérios gerais para reuso de água potável (BRASIL, 2005), na Lei 11.445/2007, que contém as diretrizes nacionais para o saneamento básico, como forma de fomentar o reuso de água, definindo conceitos de reuso direto, água de reuso, água residuária, reuso direto não potável, água cinza (de ralos e pias) e água negra (de vasos sanitários) e no Projeto de Lei do Senado (PLS) 753/2015, que torna obrigatória a implantação de sistemas de reuso direto não potável nas instalações de abastecimento de água e de esgoto sanitário, construídas com recursos da União.

O gerenciamento racional das águas residuárias pode resultar em significativa economia de água potável, redução da eutrofização de corpos de água, além de promover a reciclagem de importantes quantidades de nutrientes como nitrogênio, fósforo, entre outros, para a agricultura, substituindo os fertilizantes químicos e reduzindo os impactos negativos (REBOUÇAS et al, 2007).

Para se ter uma ideia do potencial ambiental e econômico do reuso podemos analisar a quantidade de fezes e urina excretada pelo ser humano em um ano: A quantidade de fezes é de 25 a 50 kg, contendo 550 g de nitrogênio, 180 g de fósforo e 370 g de potássio, e na urina considerando que um adulto produz até 400 litros de urina por ano, este valor pode ter 4 kg de nitrogênio, 400 g de fósforo e 900 g de potássio, sendo o nitrogênio em forma de ureia, fósforo como superfosfato e potássio na forma iônica, ou seja, na forma ideal para serem metabolizados pelas plantas (GALBIATI, 2009 APUD ESREY et al 1998).

Outra vantagem é que segundo Lucas Filho et al., 2001 a disposição da água de reuso, controlada no solo através da irrigação, permite que esta, ao penetrar no terreno, sofra tratamento no interior do solo, fazendo-o se comportar como camada depuradora, pois o solo, nestas circunstâncias, possibilita as ações de adsorção e as atividades da biota, que usa a matéria orgânica contida nos despejos como alimento, convertendo-a em matéria

mineralizada que fica à disposição da vegetação. Esta matéria mineralizada é importante inclusive na recuperação de áreas degradadas e de solos agrícolas.

O reuso da água constitui, então, estratégia de baixo custo para a promoção de recuperação de áreas degradadas e produção madeireira e forrageira, contribuindo, assim, como uma meta do milênio da agenda de 2030 estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) como Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Em uma primeira etapa é necessário o entendimento da legislação sobre providências e cuidados sobre o reuso da água para a agricultura. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) N^o 13.969/1997 determina que o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, determina ainda que o reuso deve ser planejado de modo a permitir seu uso seguro e racional para minimizar o custo de implantação e de operação. Segundo ainda a Norma ABNT 13.969 / 97, grau de tratamento para reuso de esgoto é definido, regra geral, pelo uso mais restritivo quanto à qualidade de esgoto tratado. São definidos cinco classes para o grau de tratamento necessário (Tabela 01).

Classes para tratamento da água de reuso		
Classes	Indicação	Características
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes	<ul style="list-style-type: none"> • turbidez - inferior a 5; • coliforme fecal – inferior a 200 NMP/100ml; • sólidos dissolvidos totais inferior a 200 mg/l • pH entre 6.0 e 8.0; • cloro residual entre 0,5 mg/l e 1,5 mg/l
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	<ul style="list-style-type: none"> • turbidez - inferior a 5; • coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml; • cloro residual superior a 0,5 mg/l
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	<ul style="list-style-type: none"> • turbidez - inferior a 10; • coliforme fecal – inferior a 500 NMP/100ml;
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	<ul style="list-style-type: none"> • coliforme fecal – inferior a 5.000 NMP/100ml; • oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/l

Tabela 01: Adaptado Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Nº 13.969/1997

A construção da maquete com o sistema de tratamento conta com três estágios (Figura 02): O tratamento biológico, o tratamento através da esterilização utilizando aquecimento solar e o tratamento utilizando a radiação ultravioleta.

O 1º estágio do sistema de tratamento corresponde à etapa para tratamento biológico anaeróbio. O filtro anaeróbio consiste em um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos não aeróbios. Ele apresenta algumas vantagens: área reduzida para sua instalação, operação e manutenção simples e seu custo operacional é baixo, possuindo, portanto, boas características para a sua adoção como forma de tratamento local segundo a NBR 13.969 (1997).

O sistema é formado por um conjunto de tanques com a finalidade de formar um filtro anaeróbio de fluxo ascendente (FAFA). Trata-se de um tanque dotado de fundo falso perfurado. O efluente atravessa os furos do fundo falso que sustenta o material de enchimento formado com brita. A função do material de enchimento é permitir a fixação de um filme biológico constituído por bactérias e outros microrganismos anaeróbios responsáveis pela degradação da matéria orgânica. O sistema contará com um sistema primário com dois tanques sépticos cada e um sistema secundário com quatro unidades filtrantes anaeróbias de fluxo ascendente.

A segunda etapa do sistema conta com um sistema de desinfecção por aquecimento. O objetivo da desinfecção de águas residuárias não é a eliminação total dos microrganismos, mas sim a diminuição da concentração de patógenos até níveis de qualidade necessários para diferentes usos do efluente (GONÇALVES *et al.*, 2003). A fervura é um método de desinfecção que também se insere no rol dos processos físicos de desinfecção de águas. É uma técnica amplamente divulgada e conhecida para promover a inativação dos microrganismos (RODRIGUES, 2011).

A morte dos microrganismos por radiação UV é causada, principalmente, pelas lesões ao material genético (DNA/RNA), o qual é formado por bases nitrogenadas unidas por pontes de hidrogênio (HIJNEN *et al.*, 2006). Esse sistema consiste em uma sequência de canos de alumínio pintados de preto e envolvidos por garrafas de vidros para reter o calor do sol.

A terceira etapa consiste em um sistema para desinfecção da água. A utilização de água residuária doméstica na agricultura irrigada exige medidas de desinfecção para garantir padrões de qualidade e proteger a saúde humana dos microrganismos patógenos presentes. Raios UV são eficientes para esta finalidade e há diversos relatos de sistemas de desinfecção solar (SODIS-Solar disinfection), tanto para a desinfecção de água para o consumo humano

quanto para o uso na agricultura. A ação bactericida dos raios solares para desinfetar a água está comprovada. Estudos que avaliam o número médio de bactérias inativadas em diferentes amplitudes de onda de luz mostram que os maiores efeitos germicidas são observados na amplitude correspondente à dos raios UV (ACRA et al., 1984; WEGELIN et al., 1994).

Nesta etapa são utilizadas garrafas de vidros interconectadas e expostas à luz solar como identificado na figura 02:

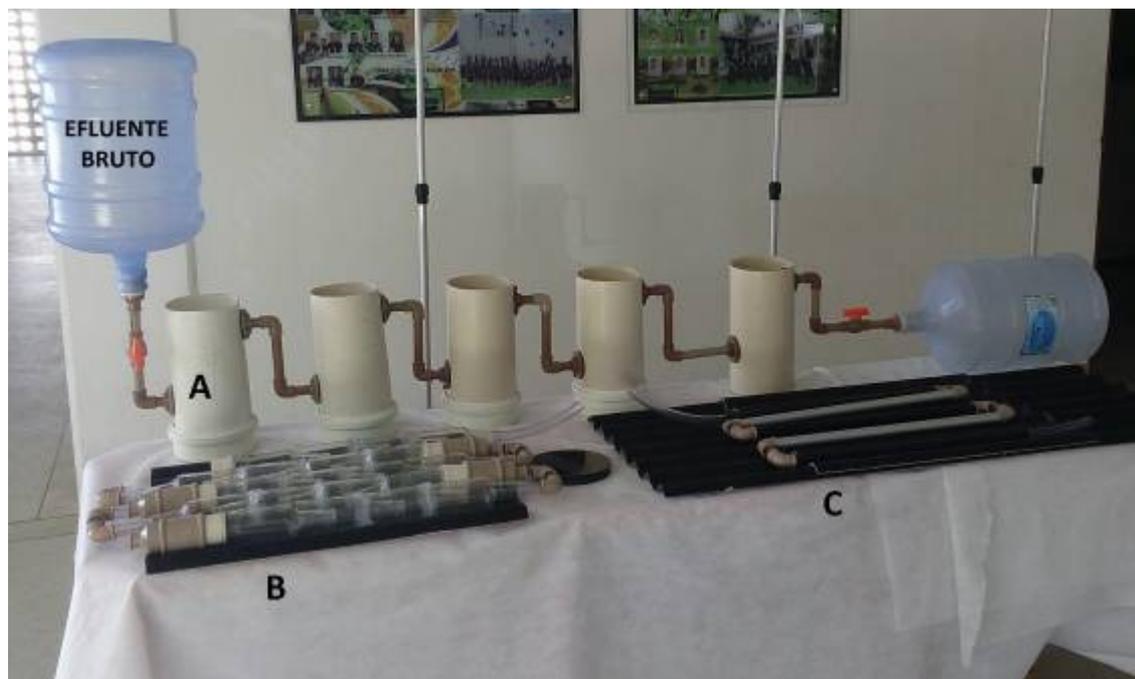


Figura 02 – Maquete com o sistema de tratamento e suas etapas: **A** – Tratamento biológico anaeróbio, **B** – Desinfecção por radiação UV e **C** – Desinfecção por aquecimento

A maquete (figura 02) é o primeiro produto do projeto PIBIC *Reuso de água* composto por uma equipe de oito alunos do curso de Agroecologia do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), campus Piranhas, coordenada pelo professor Cristian Costa, e foi apresentada durante a IV SEMTECC – Semana Tecnológica e Cultural do Campus Piranhas. A maquete tem como proposta uma alternativa viável e eficiente para tratamento e reuso de água.

Em uma segunda etapa a maquete será colocada em campo para seu funcionamento e análise microbiológica da água. Atingindo os padrões estabelecidos pela Norma ABNT 13.969 / 97 a água poderá ser utilizada para plantio de vegetais madeireiro no interior do referido campus e, desta forma, o esgoto reutilizado reduzirá a pressão no sistema de tratamento da cidade. A fertirrigação proporciona a adição de matéria orgânica e nutrientes ao solo, principalmente NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) o que reduz o uso de fertilizantes artificiais e possibilita boa produtividade agrícola.

REFERÊNCIAS:

ACRA, A.; RAFFOUL, Z.; KARAHAGOPIAN, Y. Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions: guidelines for household application in developing countries. Beirut: Unicef, 1984. 55 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13969: Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BACCI e PATACA. Educação para a água. In: *Estudos avançados*, vol. 22, no 63, São Paulo, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>. Acesso em 10/03/2016.

BRASIL. Agência Nacional das Águas – ANA. Conjuntura dos recursos hídricos Disponível em: <http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 18/06/2016

BRASIL. Lei no 11445/2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2007/lei/11445.htm. Acesso em: 23/05/16.

BRASIL. Lei no 9433/1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 25/03/16.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_agua.pdf. Acesso em: 03 mar. 2016.

BLUMENTHAL, U. J.; PEASEY, A.; RUIZ-PALACIOS, G.; MARA, D.D. Guidelines for wastewater reuse in agriculture and aquaculture: recommended revisions based on new research evidence. London: WELL, 2000 (WELL Study, Task No 68). Disponível em <http://www.lboro.ac.uk/well/> Acesso em: 15 jan. 2016.

FONSECA, A. F. da et al. *Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for brazil*. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v. 64, n. 2, p.194-209, Mar/Apr. 2007.

GONÇALVES, R. F. et al (Coord.). *Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

GONÇALVES, R. F.; JORDÃO, E. P.; SOBRINHO, P. A. Introdução. In: Rede Cooperativa de Pesquisas, PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. *Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: Aplicações para fins produtivos como agricultura, aquíicultura e hidroponia*. Rio de Janeiro: Abes, 2003. p. 1-26.

GALBIATI, A. F. *Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. UFMS Campo Grande, MS. 38f. 2009.

HIJNEN, W. A. M.; BEERENDONK, E. F.; MEDEMA, G. J. Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo) cycts in water: a review. *Water Research*, v. 40, n. 1, p.3-22, 2006.

LISBOA, A. H. Projeto Manuelzão: *uma experiência de revitalização de rios em Minas Gerais, Brasil*. In: MACHADO, A.T.G.M. *Revitalização dos rios no mundo*. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010. p.13-16.

LUCAS FILHO et al., *disposição controlada de esgotos em solo preparado com cobertura vegetal através do escoamento subsuperficial*. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa PB. 2001.

PNUD – *Relatório de Desenvolvimento Humano*. Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/odm.aspx>. Acesso em: 20/05/2016

PRÜSS-USTIN, A., BOS, R., GORA, F. & BARTRAM, J. 2008. SAFER WATER, BETTER HEALTH. COSTS, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health. WHO, Geneva, 2008, 53 p. Disponível em: http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/saferwater/en/index.html). Acesso em: 22/04/2016

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Diretrizes para a qualidade microbiológica de águas residuais tratadas, utilizadas em agricultura: recomendações para a revisão das diretrizes da OMS*. Boletim da Organização Mundial de Saúde, 2000.

REBÊLO, M. M. P. S. *Caracterização de águas cinzas e negras de origem residencial e análise da eficiência de reator anaeróbio com chicanas*. 2011. 111 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2011.

REBOUÇAS, A. C. Panorama da água doce no Brasil. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha (Org.). *Panorama da degradação do ar, da água doce e da terra no Brasil*. São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1997. p. 59-107.

RODRIGUES, D. G. *Desinfecção da água por pasteurização solar (SOPAS) em comunidades rurais*. 2011. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

VEIGA, José Eli da. *Desenvolvimento sustentável*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

WEGELIN, M. et al. Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments. *Journal Of Water Supply: Research And Technology - Aqua*, v. 43, n. 3, p.154-169, 1994

WHO/UNICEF, Protecting and promoting human health. In: *Water, a shared responsibility. The UN Water Development Report 2*, UNESCO, Paris.2006, p. 202-240

