



O EMPREGO DE TÉCNICAS CONSTRUTIVAS COM TERRA NA IMPLANTAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE SANEAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS PERIURBANAS NA AMÉRICA LATINA

Ana Cristina Villaça

Red Iberoamericana Proterra, Rede TerraBrasil, Grupo de Estudos de Hidrologia e Planejamento de Recursos Hídricos da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Arquitetura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro–Brasil 55 21 91466874 -anavillaca@gmail.com

Palavras-chave: saneamento, tecnologia social, construção não convencional.

Resumo

Este artigo está inserido no conceito de inovação em tecnologia social, como estratégia necessária ao enfrentamento da escassez e degradação de recursos naturais, acompanhado das desigualdades sociais que caracterizam grande parte das cidades latino-americanas. A flexibilização de técnicas de saneamento ambiental, sem o prejuízo da qualidade do tratamento aplicado, viabiliza o maior acesso da população a estes benefícios. Através da apresentação de uma solução técnica (biodigestor) para o tratamento de águas residuárias, a ser executado em BTC, o artigo pretende estimular o debate sobre novas abordagens para estruturas de saneamento, que permitam, inclusive, a terra como material de construção. Para ilustrar a proposta é apresentado o projeto de um biodigestor, dimensionado para uma edificação pública em processo de construção em Brasília/DF, Brasil. Esta estratégia se aplica a áreas ainda não atendidas por rede de saneamento, possibilita a capacitação de recursos humanos em técnicas construtivas com materiais locais como a terra, além de técnicas de saneamento ambiental, visando o enfrentamento da realidade local com recursos acessíveis. Com esta proposta, o artigo aborda os aspectos sociais da construção com terra e apresenta argumentos para que algumas estruturas de saneamento possam ser executadas com materiais de construção a base de terra, e assim apresentar possíveis caminhos para a reversão das condições adversas de saneamento, com a adoção de tecnologias apropriadas.

1. INTRODUÇÃO

O redescobrimiento das técnicas construtivas com terra e a incorporação dos avanços tecnológicos a este material e suas técnicas, têm oferecido, para engenheiros e arquitetos, grande gama de soluções construtivas mais ecológicas. As técnicas com terra possibilitam construções de baixo consumo de energia, baixa emissão de carbono e alto benefício social. Estas vantagens têm sido muito destacadas em pesquisas, artigos e livros no meio acadêmico, porém, existem outras possibilidades de aplicação para estas técnicas que precisam ser mais exploradas, como por exemplo, sua utilização para a infraestrutura de saneamento.

Este artigo apresenta ideias iniciais de uma pesquisa mais ampla, na qual se pretende investigar as possibilidades técnicas, legais (ambiental e uso do solo) e econômicas da adoção de sistemas não convencionais de saneamento como solução adequada a localidades onde a rede de coleta e tratamento de esgoto é inexistente ou insuficiente, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. Para exemplificar, será apresentado, de forma sucinta, um exemplo de biodigestor projetado para o Jardim Botânico de Brasília/Distrito Federal, Brasil, para uma edificação de uso público a ser construída em bloco de terra comprimida (BTC). Não serão abordados aspectos mais amplos quanto às políticas de saneamento, ou no que tange ao dimensionamento deste equipamento, o objetivo é explorar a ideia suas potencialidades e fraquezas.

2. ANTECEDENTES

A carência de infraestrutura de saneamento é uma característica comum, em maior ou menor grau, às cidades latino-americanas. Atualmente, de acordo com dados divulgados pela UNICEF em 2008:

80 milhões de latino-americanos carecem de acesso à água potável e mais de 100 milhões não dispõem de serviços adequados de esgotamento sanitário. Ainda segundo a mesma instituição, apenas 14% das águas residuárias são tratadas e 40% do total de resíduos sólidos não são dispostos corretamente, contaminando o solo e mananciais de água (Teixeira et al, 2012, p.420).

Regiões metropolitanas apresentam as maiores densidades populacionais, e concentram problemas, de ordem social e ambiental, decorrentes da ausência de infraestrutura em saneamento. Os problemas de ordem ambiental podem ser sanados com a adequada implantação de sistemas de saneamento, em especial, os destinados à coleta e ao tratamento de esgotos, antes de seu lançamento final. Os problemas sociais se evidenciam, dentre outros aspectos, na ausência de qualidade de vida, em decorrência da proliferação de vetores (por exemplo: moscas, ratos, e baratas) além do aumento da incidência de doenças infectocontagiosas e de veiculação hídrica. Estas constituem um forte indicativo de fragilidade dos sistemas públicos de saneamento (Heller 2008 apud Teixeira *et al*, 2012). Além disto, investimentos em saneamento propiciam o envolvimento pleno do cidadão no desenvolvimento de sua sociedade.

Zonas rurais e cidades afastadas dos grandes centros, menos populosas, e com maiores dificuldades de recursos e pessoal capacitado, dificilmente apresentam infraestrutura adequada, e são as que mais sofrem. Os motivos para que isso ocorra são variados, e vão desde a falta de investimento do poder público, até a falta de manutenção nos sistemas existentes causando sua obsolescência. Outro entrave para a universalização dos serviços de saneamento é a falta de flexibilidade quanto à tecnologia. A qualidade de atendimento e a eficiência do tratamento devem ser iguais, porém a flexibilização da tecnologia poderia viabilizar o maior número de pessoas e domicílios atendidos. Não há motivos para que se especifique uma mesma tecnologia para todos, visto que existem diferenças nas densidades habitacionais, tipo de solo, declividade de terreno, além de limitações ao pagamento pelo uso da água e rede de coleta. A escolha de uma única tecnologia pra atender a todos causa exclusão e ausência de sustentabilidade para o sistema. Densidades populacionais urbanas requerem soluções de grande porte e grandes investimentos tanto estruturais (obras) como não estruturais (educação ambiental, políticas de saneamento). Áreas menos densas como as rurais podem fazer bom uso de sistemas descentralizados.

Em geral, onde não há rede de coleta de esgotos, o lançamento ocorre diretamente no solo, o que requer extensas áreas de infiltração em valas no solo, sem geração de lodo e com custo de implantação e operação bastante reduzido, porém, pode gerar odores desagradáveis, além da proliferação de vetores, vermes, e risco de contaminação de culturas próximas (agricultura), dos trabalhadores envolvidos, do solo e do lençol freático. A figura 1 apresenta o aspecto de uma rua em bairro popular, na periferia de Brasília, distante aproximadamente 10 km da capital federal.



Figura 1. Aspecto de rua sem infraestrutura de saneamento. Foto: Valter Campanato/ Ag.Brasil

No município de Petrópolis, estado do Rio de Janeiro, apenas recentemente as concessionárias dos serviços de saneamento começaram a implantar sistemas não convencionais para o tratamento de esgotos, o que possibilitou o atendimento a muitas famílias até então desassistidas. Ao todo são cinco biodigestores e um biossistema, onde há o aproveitamento do biogás¹ para as famílias próximas.

Biodigestores são câmaras hermeticamente fechadas, onde é vertido o esgoto sanitário a ser tratado. No seu interior, ocorre o processo de fermentação, pela atividade anaeróbia das bactérias elas se alimentam dos nutrientes presentes no esgoto e proliferam, decompondo o material. As altas temperaturas atingidas e os ácidos produzidos durante a fermentação eliminam até 90% das bactérias patogênicas e até 100% dos coliformes fecais em um ciclo de 50 dias (Nimukunda, 2003; Fregoso et al, 2001 *apud* Ribeiro, 2011) Trata-se de reproduzir o mesmo processo natural de decomposição biológica que ocorre em mangues, pântanos e outros alagados naturais. Para isso, os esgotos são vertidos em uma câmara hermética, onde o processo de biodigestão ocorre de modo controlado e seguro. Neste processo de biodigestão haverá subprodutos sólidos, líquidos e gasosos, que podem ser revertidos em benefícios para a comunidade local.

A figura 2 apresenta um biodigestor semelhante ao que será construído, de modo que se tenha uma ideia do volume da construção e sua localização em relação ao nível do solo.



Figura 2. Biodigestor em construção no Haiti (www.oia.org.br/new/biosistemas_integrados.asp)

3. LOCALIZAÇÃO E MEMÓRIA DESCRITIVA

Em recente intervenção, ainda na fase de projeto de uma edificação de uso público, cuja construção será iniciada no segundo semestre de 2013, foram elaborados os projetos dos sistemas complementares hidrossanitários, eletromecânicos, e de detalhamento construtivo com o objetivo de dotar a construção de eficiência energética e sustentabilidade. A edificação, projetada para ser construída em BTC, será equipada com telhado vegetado, captação de águas de chuva para reuso nas descargas sanitárias, abastecimento de energia através de módulos fotovoltaicos, e sistema integrado de biodigestor. O biossistema em questão foi projetado para atender às necessidades de uma edificação de uso público, com frequência de 200 pessoas ao dia a ser construída dentro do Jardim Botânico de Brasília, no bioma do cerrado brasileiro (Villaça, 2011).

A implantação de um biodigestor faz parte da estratégia de biossaneamento, que tem por objetivo a coleta, o tratamento e a destinação final das águas servidas oriundas dos sanitários. Os materiais utilizados na construção dos biodigestores devem ter alta

durabilidade, formas simples e baixo custo de instalação e manutenção. Este biodigestor poderia ter sido especificado e instalado como uma peça pronta em material polimérico, o que iria reduzir bastante o tempo de execução do sistema. Porém, a opção pela sua montagem em BTC se deve ao fato de agregar valor social não somente ao sistema de saneamento e ao edifício como um todo. Este valor social agregado ocorre pela capacitação de moradores das proximidades da construção, tanto para a confecção dos BTC, como para a construção e operação do biodigestor. Desta forma, com o propósito de construir o biodigestor, as pessoas poderão ser capacitadas para que conheçam as técnicas utilizadas, tanto na produção de BTC, como na montagem e operação do sistema. Experiência semelhante está sendo conduzida pelas ONGs VivaRio e OIA, no Haiti desde 2009, até 2012 foram concluídos 90 biodigestores, com capacidade para tratar os esgotos e oferecer energia (biogás), sem adição de qualquer produto químico.

O uso de biodigestores é anterior ao século XX, na Inglaterra, o biogás era utilizado para a iluminação pública. (Brow, 1987 apud Ribeiro, 2011). Sua aplicação pode ser bem variada, devido aos diferentes modelos e formas de funcionamento existentes e que podem ser caracterizados quanto ao fluxo de entrada (contínuo, semi-contínuo, regime estacionário ou de movimento horizontal), ou ainda quanto ao tipo de construção (chinês, indiano, ou de batelada). Atualmente, existem no mercado, diversos modelos e fabricantes de biodigestores, confeccionados em polietileno de alta densidade, que poderia ser comprados, e instalados em uma escavação do solo e posto para funcionar em um curto período. Porém, o escopo de projeto da edificação que abrigará este biodigestor, solicitava que o edifício deveria apresentar eficiência energética e sustentabilidade. Resolvida e comprovada através de cálculos, a questão da eficiência energética, faltava agregar maior valor social à construção. Uma vez que a construção seria executada em BTC, naturalmente foi sugerido que o biodigestor fosse executado com o mesmo material. Assim, foi desenvolvido o projeto, com todos os cuidados técnicos necessários para o bom funcionamento do biodigestor.

O processo produz três tipos de produtos: sólido (lodo), líquido (água tratada) e gasoso (biogás) e todos podem ser aproveitados em uma pequena propriedade de modo a aumentar a sua autonomia e sustentabilidade. O biogás pode ser utilizado em fogões convencionais, bastando fazer os ajustes necessários para adequá-lo à pressão de entrada do gás no fogão. Pode ainda, com o auxílio de um gerador, ser utilizado para acionar pequenos motores estacionários. Por ocasião da limpeza de manutenção do biodigestor, o lodo removido poderá ser utilizado como biofertilizante para a agricultura orgânica. Já a água proveniente deste processamento, poderá ser utilizada para irrigação, ou cultivo de peixes. Desta forma, a implantação de um biodigestor resulta na redução do consumo de energia de matriz não sustentável.

4. ANÁLISE CRÍTICA: UMA PROPOSTA DE INOVAÇÃO EM BIOCANEAMENTO E CONSTRUÇÃO COM TERRA

Muitos dos profissionais que buscam soluções de baixo impacto ambiental (baixa emissão de CO₂, e baixos consumos de energia e de água) encontraram na arquitetura e construção com terra uma solução para a mitigação dos impactos provocados por processos construtivos altamente impactantes praticados atualmente. Na América Latina, estes processos além de impactantes ao meio natural, são também excludentes socialmente, pois não possibilitam aos menos favorecidos o acesso à moradia, visto que a política habitacional praticada, em geral, privilegia famílias com faixa salarial acima de cinco salários mínimos. Ainda que este quadro esteja se modificando lentamente, ainda há muito o que fazer no que tange as habitações de interesse social.

Dentre os impactos ambientais causados pelos processos construtivos convencionais estão: a exploração da matéria-prima não renovável, os resíduos gerados pela indústria de transformação, as emissões causadas pela distribuição do material até as obras, e ainda o desperdício que chega a 30%. Ao incorporar o conceito de inovação tecnológica e tecnologia social, como estratégias necessárias ao enfrentamento da escassez e

degradação de recursos naturais, acompanhado das desigualdades sociais que caracterizam grande parte da população latino-americana, surgiu a ideia de produzir localmente uma infraestrutura de saneamento que fosse independente das redes coletora pública. A ideia é construir o biodigestor com a maior quantidade possível de material produzido localmente, os BTC, e desta forma explorar o potencial da terra como material de construção, ainda mais importante em face à crise energética e de escassez de água em grandes extensões de áreas por todo o mundo. Algumas partes do biodigestor, porém, deverão ser em concreto armado, como o fundo, e as paredes internas deverão receber uma camada impermeabilizante à base de cimento. Produzir os BTC localmente para montar o biodigestor, visa minimizar o uso de materiais industrializados e diminuir os problemas citados, o que cria grande possibilidade de sustentabilidade na construção.

Esta estratégia permite que, em áreas desprovidas de investimento em infraestrutura de saneamento, a população local, possa com seus próprios recursos, ou seja, com sua própria mão-de-obra e materiais locais, dotar sua vizinhança de tratamento adequado dos esgotos ali produzidos. As vantagens da utilização deste sistema não convencional podem ser verificadas nas três etapas da concepção, execução e operação, conforme demonstrado comparativamente na tabela 1.

Tabela 1. Quadro comparativo de implantação do biodigestor e do sistema convencional.
Adaptado de Teixeira et al (2012)

Nãoconvencional	Convencional
Concepção	
Necessidade de pequenas áreas Auto-sustentabilidade do sistema Discussão com a comunidade beneficiada Estudo de permeabilidade do solo	Necessidade de grandes áreas Escala mínima para sustentabilidade do sistema Licenciamento ambiental Discussão com atores da sociedade Horizonte de projeto de longo prazo
Execução	
Comunidade executa a obra Curta duração Educação e hábitos de higiene pessoal Baixo custo	Serviço executado por terceiros Longa duração Campanhas de esclarecimento da população quanto ao novo sistema e alto custo
Operação	
Infiltração de esgotos tratados no solo Baixíssimo custo operacional Autogestão do serviço Serviço não tarifado	Pontos de descarga para lançamento dos esgotos tratados Custo operacional estação de tratamento esgoto Controle operacional Serviço tarifado

Para os países em desenvolvimento, investir em saneamento e água potável é um investimento em desenvolvimento humano com grandes retornos econômicos, pois, em média, a cada US\$1 investido em saneamento, são produzidos US\$9, em tempo poupado, em maior produtividade e em redução de custos quanto à saúde da população (WHO, 2013). Os serviços de saneamento e abastecimento de água são aceitos mundialmente como essenciais à vida humana e por isso devem ser universalizados.

Nos últimos 30 anos, a busca por soluções menos impactantes ao meio ambiente tem feito ressurgir técnicas mais simples e que em muitos casos são oriundas do saber local, e que com os avanços das ciências, especialmente quanto à engenharia de materiais, é possível dotar antigas ideias com novas possibilidades de soluções e que, ainda assim, atendam às necessidades apresentadas pela sociedade atual.

Sistemas descentralizados como os biodigestores são alternativa para as localidades desprovidas de rede pública de coleta e tratamento de esgotos, a implantação de biodigestores oferece bons resultados. Os biodigestores podem atender individualmente uma habitação ou ainda um pequeno conjunto de habitações, bastando para isso dimensioná-lo para que opere com segurança. Os biodigestores podem ser aeróbios ou

anaeróbios, e têm por finalidade principal a remoção dos poluentes e patogênicos orgânicos, mas também podem ser utilizados para a produção de biogás. Seu projeto deve ser pensado com bastante cautela, pois nem todas as pessoas estão dispostas a dispensar parte de seu tempo com os cuidados que um biodigestor requer, ou seja, todo o benefício que ele proporciona exige cuidados na sua manutenção.

A implantação de um biodigestor faz parte da estratégia de biossaneamento da edificação, e tem por objetivo a coleta, o tratamento e a destinação final das águas servidas oriundas dos sanitários. Estes esgotos irão passar por um processo de biodigestão anaeróbio, em que bactérias se proliferam e farão a decomposição dos nutrientes presentes. No caso deste projeto, a sua disposição final ocorre nos jardins térreos, para onde são conduzidos os efluentes tratados, para fazer a ferti-irrigação. Dimensionado para tender um público de 200 visitantes ao dia, foi orçado em maio de 2011, em R\$ 3.500,00, algo em torno de US\$ 2.000. (Villaça, 2011), considerando material e mão-de-obra, e sem considerar custo de projeto e acompanhamento de obra, por se tratar de obra pública, exige licitação, e foi descartada a possibilidade de mutirão. Isso, porém, não inviabiliza a possibilidade de capacitação de moradores durante a fabricação dos blocos e montagem do biodigestor, como fez Hassan Fathy no processo de construção de Nova Gurna, quando implantou o treinamento em serviço.

Uma vantagem econômica da implantação do biodigestor é o aproveitamento dos gases gerados para acionar algum motor. Como este aproveitamento não é o foco para esta edificação, vale iniciativa de tratar localmente todo o esgoto gerado, aliviando a sobrecarga na rede de coleta de esgotos.

Os critérios de escolhas dos locais a serem beneficiados com a instalação de redes de coleta e tratamento de esgotos, leva em consideração o número de beneficiários do serviço a ser implantado. Desta forma, as comunidades mais afastadas, ou com menor número de habitantes, não são contempladas por estas escolhas, até que se tornem núcleos de aglomeração de população. As densidades populacionais urbanas requerem soluções de grandes porte e investimentos tanto estruturais (obras) como não estruturais (educação ambiental, políticas de saneamento, por exemplo).

A flexibilização da escolha das tecnologias de tratamento de águas servidas pode oferecer vantagens a comunidades distantes das grandes cidades, onde a implantação de rede coletora e o tratamento de esgotos são inviáveis, por suas características físicas, especialmente para pequenas prefeituras, onde há carências de planejamento urbano e da gestão de saneamento. Para ilustrar estas diferentes possibilidades, as figuras 2 e 3 apresentam a versão pronta e uma versão construída *in loco* de um biodigestor, que pode ainda ser em concreto armado, em blocos de concreto, em tijolos cozidos, ou em BTC como este.

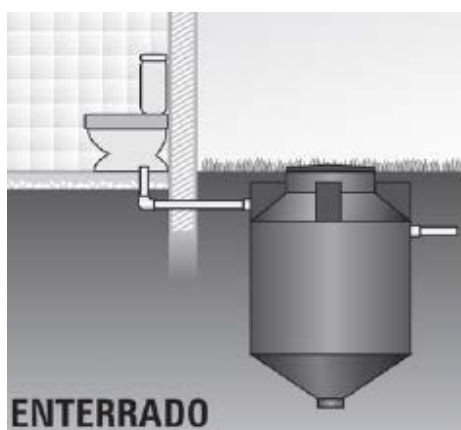


Figura 2: Biodigestor em polietileno.
(www.acqualimp.com/biodigestor.php)

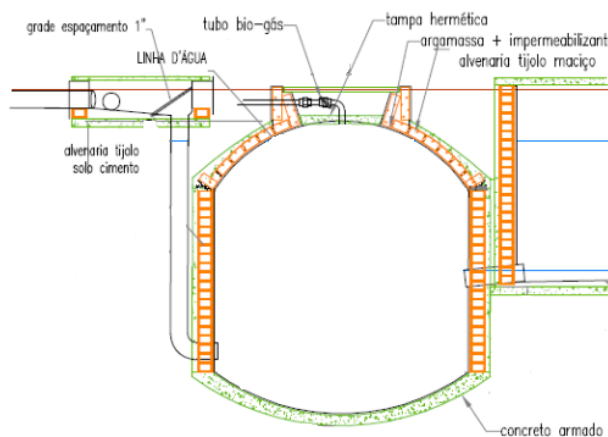


Figura 3: Corte esquemático para um biodigestor construído em BTC (Villaça, 2011)

Ainda que apresente algumas partes em concreto, o biodigestor em BTC oferece vantagens ambientais e sociais na sua cadeia produtiva, que o equivalente industrializado não oferece.

5. REFLEXÕES FINAIS

As vantagens que os biodigestores podem proporcionar já são bastante conhecidas: eliminação de quase a totalidade dos agentes patógenos presentes nos esgotos antes de lançá-los de volta ao ciclo hidrológico, o que evita a degradação do meio ambiente; produção de biogás para o consumo *in loco* ajuda a aliviar a pressão sobre as outras fontes de energia, especialmente as de origem fóssil; produção de biofertilizante através da limpeza do lodo de fundo, que pode ser utilizado em hortas orgânicas para melhorar a qualidade dos vegetais.

Adicionalmente a utilização do biogás ainda contribui para a queima de gás metano, transformando-o em CO₂, que apresenta potencial deletério 21 vezes menor à camada de ozônio que o metano lançado na atmosfera. É possível que se contabilize geração de créditos de carbono, quando quantificada e sistematizada, podendo ser computado para efeito de sustentabilidade do sistema construtivo e geração de recursos para a localidade que o implantou e manteve. É sabido que 1 m³ de biogás (6000 kcal) é equivalente a: 1,7 m³ de metano, 1,5 m³ de gás liquefeito de petróleo, 0,8 l de gasolina, 1,3 l de álcool combustível, 7 kwh de eletricidade, 2,7 kg de madeira e 1,4 kg de carvão de madeira (Embrapa, 2006). Desta forma a geração de energia através da queima do biogás produzido localmente agrega valor à construção ao aumentar sua possibilidade de sustentabilidade (Deganutti, 2011).

A partir das análises apresentadas, este artigo buscou apontar um novo caminho a ser percorrido pelos profissionais responsáveis pela implantação de sistemas de saneamento. Para a arquitetura e construção de terra, a construção de um biodigestor utilizando BTC, é mais uma oportunidade de comprovar a versatilidade da terra como material de construção, não apenas para edificações, mas também de infraestruturas de saneamento. Esta solução construtiva contribui ainda para a redução de emissões de poluentes, uma vez que a utilização de materiais industrializados será reduzida.

Uma última questão a ser apontada é a carência de profissionais capacitados para lidar com os problemas e suas soluções, considerados de maneira integrada de forma a contemplar, não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também os aspectos sociais, contextualizados com as práticas locais e com o nível de ciência que se tem na atualidade. Para isso é necessário a formação, ainda nos bancos acadêmicos de profissionais criativos e com autonomia e conhecimento técnico para propor novas soluções para antigos e conhecidos problemas presentes em toda a América Latina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Degannutti, R. et al (2002) Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada. In: Encontro de energia no meio rural, 4, 2002, Campinas. *Anais eletrônicos*...Disponível em:<http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000100031&lng=pt&nrm=abn>

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). *Anais da reunião técnica sobre biodigestores para tratamento de dejetos de suínos e uso de biogás*. Coord. Kunz, A; Oliveira, A.V. Embrapa suínos e aves. Concórdia.

Ribeiro, D. S. (2011). Determinação das dimensões de um biodigestor em função da proporção gás/fase líquida/. *Revista Holos*, ano 27, vol1. pp.49-56. Disponível em: www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/download/269/418

Teixeira, J. C. et al (2012). Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. *Revista Panam de Salud Publica*. 2012:32(6):419-25

Villaça, A. C. (2011). *Produto consolidado da consultoria em sustentabilidade e eficiência energética para as edificações e infraestrutura do Jardim Botânico de Brasília/DF*.

WHO- World Health Organization (2013) GLASS Report 2012 -

Notas

1-Biogás é um dos produtos da decomposição anaeróbia da matéria orgânica, através da ação de determinadas bactérias, e é composto principalmente por metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂).

Currículo

Ana Cristina Villaça, arquiteta e urbanista, mestre em urbanismo, especialista em arquitetura ambiental, membro das redes Proterra e TerraBrasil, pesquisadora da Rede Maplu no Projeto Hidrocidades sobre águas urbanas, professora substituta do Departamento de Arquitetura da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.