

MODELO DE COMPUTADOR PARA TRATAMENTO DE PEQUENO VOLUME WASTEWATER

Paul Truong* and Nicholas Truong**

**TVNI Director for Asia and Oceania*

Email: Paul.truong@vetiver.org

**** Veticon Consulting**

www.veticon.com.au

RESUMO

Atualmente programas de informática são comumente utilizados para determinar a área de terra necessária para aplicação bem sucedida do sistema Vetiver (SV) no tratamento de águas residuais em grande escala. Os parâmetros principais necessários nestes programas incluem dados precisos e de longos períodos (50-100 anos) de clima, tipo de solo e profundidade, nível freático e quantidade/ qualidade exata de entrada de águas residuais.

Obviamente, para o tratamento de baixo volume, esses parâmetros não estão facilmente disponíveis ou não-disponíveis. Até hoje, todos os projetos de tratamento de águas residuais de baixo volume usando SV é baseado em métodos e experiências de tentativas e erros. Um modelo baseado em informações científicas é necessário para padronização e divulgação da técnica.

Este trabalho apresenta um método mais preciso para determinar a área de terra necessária para esta aplicação de baixo volume com base no conhecimento mais recente e experiência com SV.

Palavras-chave: efluentes de esgoto, percolado de aterro, águas residuais de café, modelagem.

INTRODUÇÃO

Programas de informática agora são comumente utilizados para determinar a área de terra necessária para o sucesso da aplicação do sistema Vetiver (SV) no tratamento de águas residuais em grande escala. Os parâmetros principais necessários nestes modelos computacionais incluem dados precisos e de longos períodos (50-100 anos) de clima, tipo de solo e profundidade, nível freático e quantidade/ qualidade exata de entrada de águas residuais e os limites de EPA locais de água descarregada (Truong e Truong, 2011).

Obviamente, para aplicação em pequena escala, que produz baixo volume de efluente, esses parâmetros não estão facilmente disponíveis ou não disponíveis, portanto, uma determinação precisa da área de terra necessária é muito difícil de fazer.

Embora a aplicação de SV para projetos de grande escala continua a se espalhar ao redor do mundo, há uma crescente necessidade de seu uso em projetos de pequena escala para o tratamento de baixo volume de águas residuais domésticas e em pequenas comunidades nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Até hoje, todos os projetos de tratamento das águas residuais em pequena escala que usa SV é baseado em métodos e experiências de tentativas e erros. Para superar isso, é necessário um modelo com embasamento científico para convencer as autoridades de sua eficácia e precisão.

OBJETIVOS

Desenvolver um programa de computador de base científica para tratamento de pequenos volumes, considerando dados de:

- Agricultores individuais ou de pequenas cooperativas de café na Colômbia, na América Latina e no mundo.
- Produtores familiares e de pequenas comunidades que emitem efluente de esgoto e um pequeno volume de chorume ao redor do mundo.

CONTEXTO DA INDÚSTRIA DO CAFÉ COLOMBIANO

O café é o principal produto agrícola de exportação da Colômbia e a maioria dos produtores é de pequenas comunidades familiares ou agricultores individuais. A Colômbia produz cerca de 12% do café do mundo e é o principal fornecedor de alguns dos maiores processadores de café internacionais, como a Nestlé e a Kraft. A Colômbia é o quarto maior produtor de café do mundo, depois do Brasil, Vietnã e Indonésia. Enquanto a maior proporção de café produzido pelos três primeiros produtores é da variedade Robusta, quase toda a produção da Colômbia é da variedade arábica, sendo assim o maior fornecedor deste tipo no mundo (*The Economist*, 13 de julho de 2013).

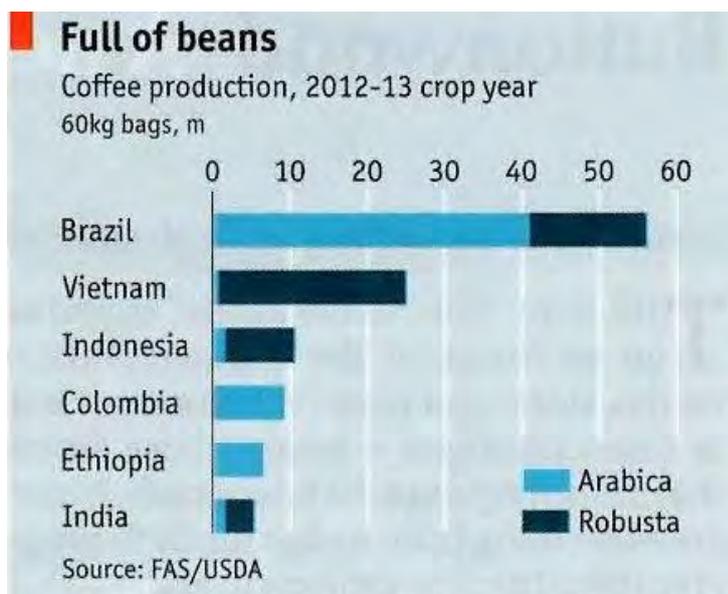
Os moinhos centrais são os principais centros de processamento para o plantio e armazenamento de café colhido. Estes moinhos operam em plena capacidade durante a temporada principal, mas a capacidade é muito baixa na safra das moscas. O custo para operar em baixa capacidade é 2-3 vezes maior do que na safra principal. Para ser sustentável, o fechamento durante a safra mosca é uma opção para os moinhos Central, sendo que nestas circunstâncias, os pequenos produtores não têm saída para os seus produtos. De acordo com a Federação de café colombiano, existem 563 mil famílias colombianas que cultivam café, 96% destes são áreas rurais com 5ha.

De acordo com a Rainforest Alliance (RFA), o café é cultivado em cerca de 12 milhões de hectares em todo o mundo e a maioria das fazendas estão em áreas consideradas de alta prioridade para a conservação. No passado o café foi amplamente cultivado sob as copas de árvores de florestas nativas, mas atualmente observa-se um sistema de produção em que os pés de café estão organizados em sebes densas e encharcados com agroquímicos. Essas fazendas de monocultura produzem mais grãos com um alto custo ambiental. A vida selvagem desapareceu, solos lavados e córregos foram sufocados com acúmulo de sedimentos e agrotóxicos. Para incentivar a manutenção do sistema agroflorestal tradicional,

a RFA tem proporcionado certificação para ajudar os pequenos agricultores , proporcionando melhores condições de negociação e acesso aos mercados premium. A certificação é uma forma de garantir que as pequenas fazendas de café mantenham o habitat natural da fauna selvagem e outros benefícios ambientais, ao mesmo tempo que protegem os meios de subsistência de pequenos agricultores de café.

Se a exigência ambiental pode ser cumprida para obter a certificação RFA, há um grande incentivo para os agricultores individuais ou pequenos grupos para processar sua produção no local durante a temporada de mosca. Este seria um grande impulso para renda destes pequenos fornecedores, particularmente no mercado atual, que apresenta crescente queda dos preços (o preço de um saco de 60 kg variou de USD105 há quatro anos e agora custa menos do que USD50). Esta tendência deverá continuar no futuro próximo, já que a demanda nos EUA, Europa e Japão está caindo.

O duplo impacto aos agricultores na Colômbia é o preço baixo da Arábica e aumento do custo de produção, principalmente devido ao aumento de salários. O café é uma cultura muito trabalhosa, sendo que em sua grande maioria é realizado manualmente.



The Economist, 13 July 2013

CONTEXTO DE ESCOAMENTO DE EFLUENTES DE ESGOTO

A necessidade global de um programa de computador com base científica para a eliminação de baixo volume de águas residuais é mais urgente que a indústria do café colombiano, pois impacta diretamente sobre questões de saúde, bem como abastecimento de água (Truong, 2010 e Truong e Cruz, 2010). Isto foi claramente demonstrado na província de Aceh, na Indonésia, onde a Cruz Vermelha Americana e Dinamarquesa reassentaram as vítimas do Tsunami de 2001 em 3 000 casas, utilizando o SV para eliminação de efluentes de esgoto. Unidades de eliminação semelhantes têm sido utilizadas na Austrália, Índia, Indonésia, Marrocos e Papua Nova Guiné.

Embora essas unidades de tratamento foram altamente bem sucedidas e eficazes, sua concepção foi baseada em tentativas e erros das experiências adquiridas com outros projetos de tratamento de baixo volume, e não em um modelo de base científica.

PRINCÍPIOS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS COM SISTEMA VETIVER

O Vetiver é altamente adequado para o tratamento de esgotos domésticos, municipais e industriais devido a suas extraordinárias propriedades, tais como o alto nível de tolerância e de absorção de poluentes nas águas residuais e elevada taxa de utilização de água em condições úmidas (Danh et al, 2009). Mas o mais importante é a sua capacidade de produzir uma elevada quantidade de biomassa sob uma ampla gama de condições climáticas e condições adversas do solo.

A capacidade do capim Vetiver para remover poluentes e a água do meio de crescimento, depende unicamente de sua produção de biomassa, sendo que quanto mais rápida a produção de biomassa mais rápido e eficaz será o processo de tratamento.

Portanto, se a produção de biomassa pode ser estimada para um determinado ambiente, pode prever-se a eficiência do processo de tratamento e posteriormente a área de terra necessária pode funcionar razoavelmente com precisão (Truong et al. 2008)

MODELAGEM PARA PEQUENO VOLUME DE EFLUENTE

Os dados de pesquisa coletados ao longo dos últimos 20 anos a partir de projetos financiados pela TVNI e Royal Development Project Board of Thailand, permitiram a Veticon Consulting desenvolver o EDVI-2 para determinar a área de terra necessária para tratar um pequeno volume de efluente. EDVI-2 é uma versão muito simplificada do EDVI (eliminação de efluentes por irrigação de Vetiver). Com o principal objetivo de simplificar sua utilização, a área de terra necessária pode ser determinada usando uma série de gráficos e tabelas ao invés de um computador. No entanto, para ser aceitável para ampla aplicação e difusão, o modelo tem que ser cientificamente sólido e um conjunto mínimo de dados é necessário.

Conjunto de dados de entrada

- **Dados do tempo:** Estes são dados meteorológicos padrão gravado e prontamente disponível na estação meteorológica mais próxima ou cidade do site.
 - Precipitação (mm/ano)
 - Medidas de evaporação (mm/dia)
 - Potencial evapo-transpiração (PET), calculado a partir de 70% de evaporação do tanque (Deesaeng *et al*, 2002)

- **Dados de entrada de efluentes:**
 - Volume mensal de entrada de efluentes
 - N mensal de entrada (Volume x nível N no efluente)
 - P mensal de entrada (Volume x nível de P no efluente)
- **Eliminação de nitrogênio**

O gráfico 1 mostra que para eliminar 1kgN/mês, você precisa de 80m² de terra e volume de irrigação mínimo de 329 L/dia e o volume máximo de 1 600 L/dia e máximo, conforme mostrado na tabela 1.

Gráfico 1: Área do terreno, mínimo e máximo volume necessário para a eliminação de nitrogênio

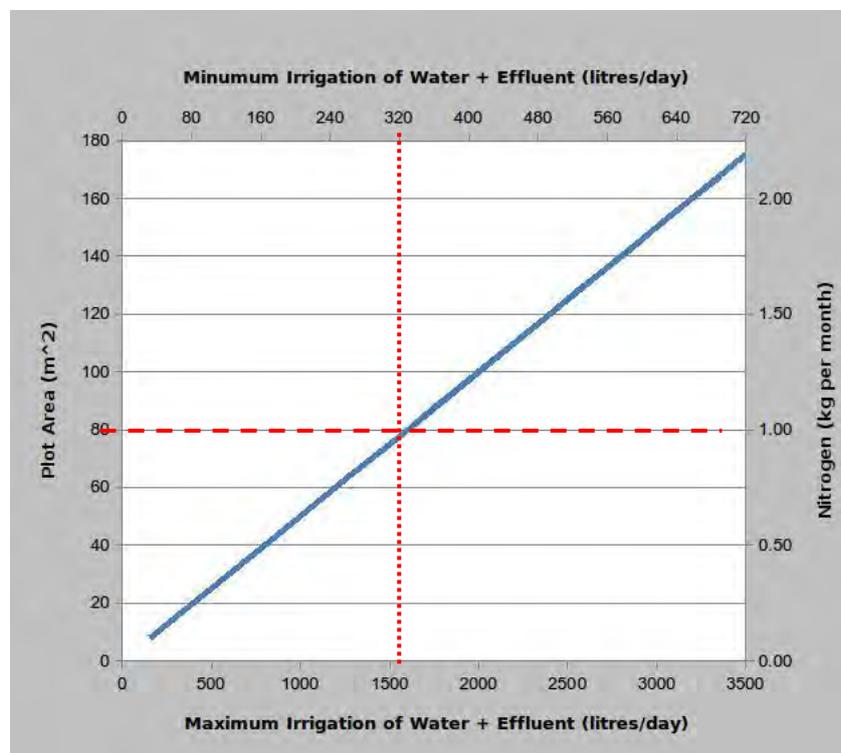


Tabela 1: Área do terreno, mínimo e máximo volume necessário para a eliminação de nitrogênio.

N/mês (kg)	Área necessária (m ²)	Vol mín* (L/dia)	Vol máx** (L/dia)
0.1	8	33	160
0.2	16	66	320
0.5	40	164	800
0.8	64	263	1280
1.0	80	329	1600
1.5	120	493	2400
2.0	160	658	3200

3.0	240	986	4800
-----	-----	-----	------

Notas:

* A entrada mínima indica a água necessária para manter o Vetiver em boas condições, abaixo do qual o crescimento Vetiver seriam afetados.

** A entrada máxima inclui efluente e / ou água para diluição, se o efluente for muito salino

o *Eliminação de fósforo*

O gráfico 2 mostra que eliminar 0.1kg P / mês, você precisa 80 m² de terra e volume de irrigação mínima de 110 L/dia e o volume máximo de 1 600 L/dia e máximo, conforme mostrado na tabela 2.

Gráfico 2: Área do terreno, mínimo e máximo volume necessário para a eliminação de fósforo

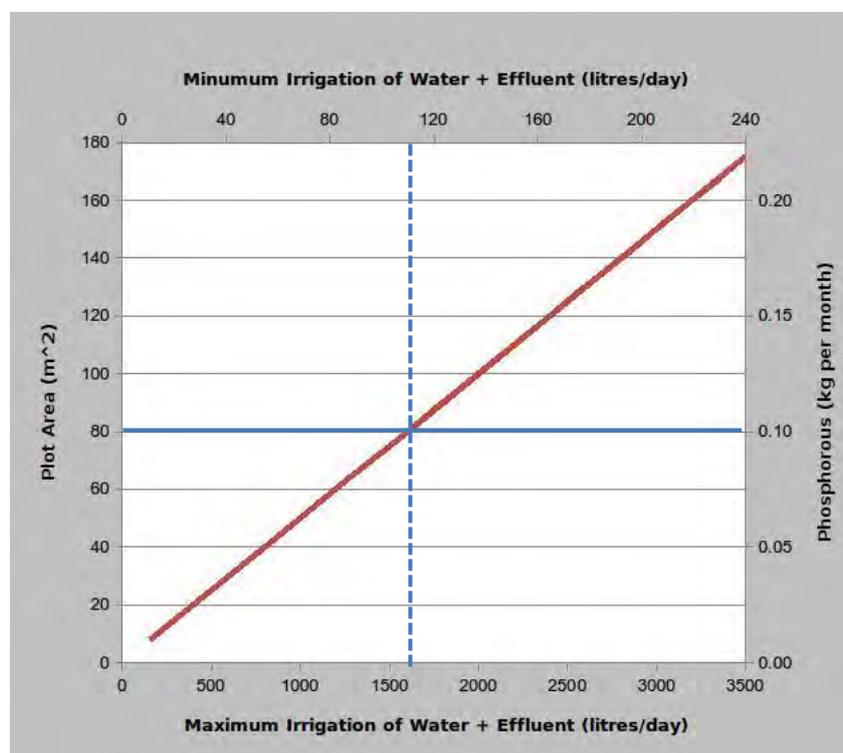


Tabela 2: Área do terreno, mínimo e máximo volume necessário para a eliminação de fósforo

P/mês(kg)	Área necessária (m ²)	Vol mín (L/Dia)	Vol máx (L/Dia)
0.01	8	11	160
0.02	16	22	320
0.05	40	55	800
0.08	64	88	1280
0.10	80	110	1600
0.15	120	164	2400

0.20	160	219	3200
0.30	240	329	4800

○ *Área de terra necessária*

Como são necessários tratar o nitrogênio e o fósforo no efluente ao mesmo tempo, então, considera-se a maior área de terra como necessária para o tratamento. Por exemplo, tabelas 1 e 2 mostram que um efluente com entrada de N de 1kg/mês e entrada de P de 0,08 kg/mês terá 80 m² para tratar N e m 80 m² para tratar P. **A área recomendada para o plantio de Vetiver é de 80 m².**

A área de terra nas tabelas 1 e 2 são aplicáveis somente quando a precipitação anual é igual à evapotranspiração potencial anual (PET) e não haverá nenhum armazenamento de água líquida no solo em longo prazo. No caso onde a precipitação excede o PET anual (caso positivo) a área de terra necessária será aumentada ou reduzida em conformidade assim como no caso negativo. No entanto, as áreas de terra necessárias não são sensíveis a pequenas diferenças na taxa de precipitação e taxa de PET, por exemplo, quando a precipitação excede PET por 30 mm/mês, apenas 5% de terra extra será necessária.

A tabela 3 apresenta a variação na área de terra necessária em casos extremos. Por exemplo, quando as diferenças entre a precipitação e PET é de 150mm/mês, a área de terra será aumentada de 80 m² para 107 m² em caso positivo e reduzida para 64 m² em caso negativo.

Tabela 3: Área do terreno necessário à precipitação é maior ou menor que evapotranspiração potencial

Área necessária (m ²)	Caso Positivo (m ²)	Caso negative (m ²)
8	10.7	6.4
16	21	13
40	53	32
64	85	51
80	107	64
120	160	96
160	213	128
240	320	192

Um resumo simplificado de como usar EDVI-2 para calcular a área de terra e o volume de irrigação é apresentado no apêndice.

CRIAÇÃO E GESTÃO DO PLANTIO DE VETIVER

Para uma aplicação bem sucedida, são recomendados os seguintes procedimentos de criação e gestão:

- **Material de plantio:** para rápido estabelecimento de qualidade do Vetiver, tanto para plantas de raiz nua ou polybags com pelo menos três brotos ativos devem ser usados.
- **Rega:** irrigar com água do rio ou da chuva após o plantio é uma mandatório nas primeiras semanas até que as plantas chegam a 50cm de altura. Irrigar para manter o solo úmido e não inundado.
- **Aplicação de efluentes:** podem ser introduzidos gradualmente para o plantio quando o Vetiver estiver cerca de 50-60 cm de altura
- **Controle de ervas daninhas:** controle manual pode ser necessário durante os primeiros 6 meses. Uma vez estabelecido o Vetiver, o sombreamento vai diminuir o crescimento das ervas daninhas. Concentrações baixas de glifosato (RoundUp) para controle de ervas podem matar o Vetiver. *Nunca utilize RoundUp para controle de ervas daninhas no plantio de Vetiver.*
- **Podar:** para estimular o perfilhamento no primeiro ano, o Vetiver pode ser podado entre 40-50 cm de altura a cada 3 meses.
- **Corte:** após um ano o Vetiver deve ser cortado entre 30-40 cm de altura, assim que surgir floração ou a cada 3 meses.
- **Biomassa:** a biomassa deve ser removida do terreno após o corte. Esta biomassa não contém quaisquer contaminantes ou metais pesados e é seguro usar para a alimentação animal ou artesanato.

APLICAÇÕES

Usando o modelo EDVI-2, seguem abaixo exemplos de como determinar a área de terra necessária para a água do processamento do café e efluentes de esgoto com base nos dados disponíveis.

Processamento de água do café Etíope convencional

Estudo de caso 1

Volume de 300L/dia

N entrada/mês = $300L / \text{dia} \times 30 \text{ dias} \times 0.013\text{gN} / L = 117 \text{ g} = \mathbf{0,117 \text{ kg}}$

P entrada/mês = $300L / \text{dia} \times 30 \text{ dias} \times 0.0043\text{gP} / L = 38,7 \text{ g} = \mathbf{0,039 \text{ kg}}$

Área de terra necessária para n: **aproximadamente 10 m².**

Área de terra necessária para p: **aproximadamente 30 m².**

Área recomendada para o plantio de Vetiver: 30 m²

Estudo de caso 2 (níveis elevados de N e P)

Volume de 300L/dia

N entrada/mês = $300 \times 30 \times 0,023 \text{ g/L} = 207 \text{ g} = \mathbf{0,21 \text{ kg}}$

P entrada/mês = $300 \times 30 \times 0.0073 \text{ g/L} = 65,7 \text{ g} = \mathbf{0,066 \text{ kg}}$

Área de terra necessária para n: **aproximadamente 16 m²**

Área de terra necessária para p: **aproximadamente 50 m²**

Área recomendada para o plantio de vetiver: 50 m²

Eliminação de efluentes de esgoto australiano (tanque séptico)

Estudo de caso 1: Doméstico com três pessoas

Volume 450L/dia

N entrada/mês = $450 \times 30 \times 0,030 \text{ g/L} = 405 \text{ g} = \mathbf{0,40 \text{ kg}}$

P entrada/mês = $450 \times 30 \times 0,010 \text{ g/L} = 135 \text{ g} = \mathbf{0,013 \text{ kg}}$

Área de terra necessária para n: **aproximadamente 35 m^2** .

Área de terra necessária para p: **aproximadamente 100 m^2** .

Área recomendada para o plantio de vetiver: 100 m^2 .

Estudo de caso 2: Doméstico com três pessoas e maior entrada de N e P

Volume 450L/dia

N entrada/mês = $450 \times 30 \times 0,041 \text{ g/L} = 553 \text{ g} = \mathbf{0,55 \text{ kg}}$

P entrada/mês = $450 \times 30 \times 0,022 \text{ g/L} = 297 \text{ g} = \mathbf{0,30 \text{ kg}}$

Área de terra necessária para n: **aproximadamente 40 m^2**

Área de terra necessária para p: **aproximadamente 240 m^2**

Área recomendada para o plantio de Vetiver: 240 m^2

CONCEPÇÃO E CONSTRUÇÃO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO

Onde o Regulamento EPA permite drenagem profunda

A forma de construção da bacia de disposição é simples e necessita de construção de muro de barreira ao redor da mesma. Para bacias pequenas (até 500 m^2) utiliza-se apenas uma monte de terra (largura: 50 cm e altura 30 cm). Qualquer forma pode ser usada para comportar a terra disponível, mas em áreas com declive é recomendável formas retangulares para uma melhor distribuição de água (gravidade auxilia a irrigação). A barreira é necessária para evitar a propagação dos efluentes durante chuvas fortes.

O plantio deve ser espalhado para cobrir toda a bacia, na densidade de 5 plantas/ m^2 , não é necessário em linhas como figura abaixo.



Pequena lagoa de eliminação de efluentes em comunidade Queensland, Austrália

Onde o regulamento EPA proíbe drenagem profunda

Locais onde não é permitida drenagem profunda como a exigência da EPA, o desenho para a construção da bacia de eliminação mais simples é escavar uma área requerida com 1,5 m de profundidade e cobrir a parede inferior e lateral com geomembrana impermeável e encher o poço com o solo escavado ou areia. Um pequeno dique é necessário para evitar fuga dos efluentes durante chuvas fortes.

O plantio deve ser distribuído para cobrir toda a bacia com densidade de 5 plantas/m².



Paisagismo e controle de erosão

Este modelo baseia-se na densidade de plantio de 5 plantas/m², ***o ponto importante é que são necessários 5 plantas***, não precisam ser em área quadrada e eles podem espalhar-se em linha. Por exemplo, em uma área de 80m² são necessários 400 plantas, quer em linhas únicas ou múltiplas. Este layout de plantio pode ser combinado com o controle da erosão em terrenos inclinados ou cerca viva para delimitar divisa como paisagismo do jardim.



Plantio linha para descarte de efluentes de esgoto doméstico no quintal na Austrália

REFERENCES

1. Deesaeng, B., Pheunda,J., Onarsa,C. and Boonsaner,A. (2002). Vetiver potential for increasing groundwater recharge. Proc ICV2, Bangkok, Thailand
2. Truong P and Truong N (2011). Recent Advancements in Research, Development and Application of Vetiver System Technology in Environmental Protection. Proc. ICV5 Lucknow, India, October 2011
3. Truong, P. (2010). Vetiver System for Prevention and treatment of contaminated water and land. First Latin American Conference of Vetiver, Santiago, Chile, October 2010
4. Truong, P and Cruz, Y.(2010): Vetiver System: A Low Cost and Natural Solution for the Prevention and Treatment of Contaminated Water. (Special Reference to Sewage and Industrial Effluent Treatment in Australia). X Congress Water Resources and Environmental Health. Barcelo, Sept. 1-3, Costa Rica.
5. Danh, L. T, Truong, P., Mammucari, R., Tran, T. and Foster, N. (2009). Vetiver grass, *Vetiveria zizanioides*: A Choice Plant for Phytoremediation of Heavy Metals and Organic Wastes. International Journal of Phytoremediation, **11**:8,664-691
6. Truong P., Tran Tan Van, and Pinners, E. (2008). Vetiver System Applications- Technical Manual. The Vetiver Network International Publication.

APPENDIX

Input data needed

Weather data:

- Rainfall (mm/year)
- Pan Evaporation (mm/day)
- Potential Evapo-transpiration (PET),

Effluent input data:

- Monthly effluent input volume
- Monthly N input. (Volume x N level in effluent)
- Monthly P input. (Volume x P level in effluent)

Nitrogen Disposal

Chart 1 shows land area, minimum and maximum volume required for disposal of a certain monthly Nitrogen input. For example to dispose 1kg of N/month, land area needed is 80m² and minimum volume is 329m² and maximum volume of 1600m²

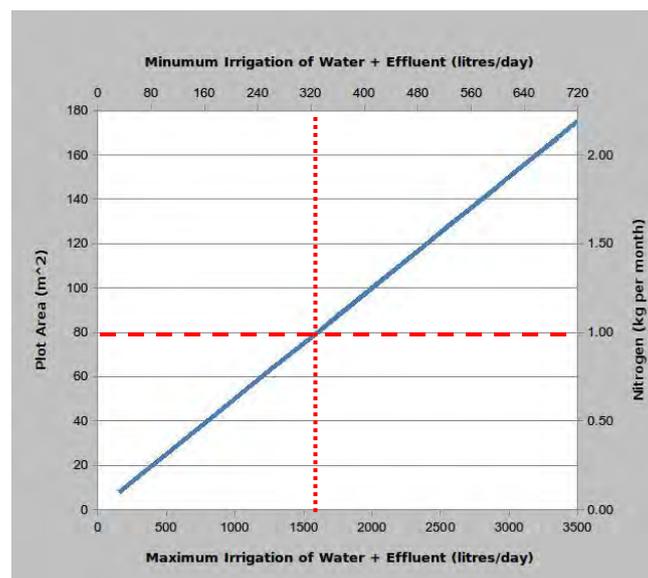


Table 1 shows land area, minimum and maximum volume required for disposal of other monthly Nitrogen inputs from 0.1 to 3.0 N/month.

N per month (kg)	Land area needed (m²)	Min input* (L/Day)	Max input** (L/Day)
0.1	8	33	160
0.2	16	66	320
0.5	40	164	800
0.8	64	263	1280
1.0	80	329	1600
1.5	120	493	2400

2.0	160	658	3200
3.0	240	986	4800

Phosphorus Disposal

Chart 2 shows land area, minimum and maximum volume required for disposal of a certain monthly Phosphorus input. For example to dispose 0.1kgP/month you need 80m² of land and minimum irrigation volume of 110L/day and maximum volume of 1 600L/day

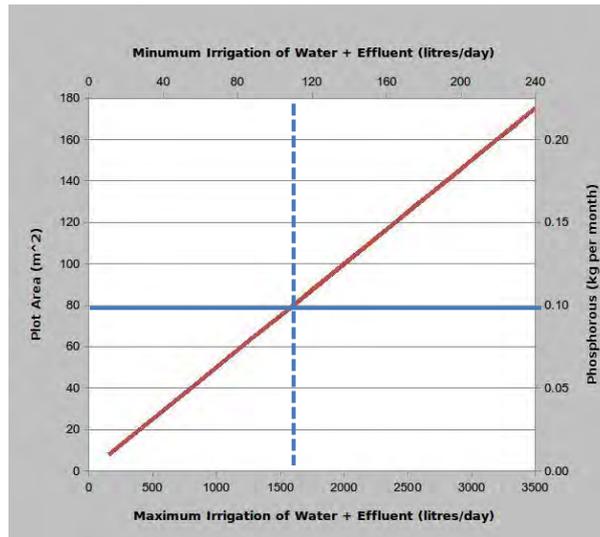


Table 2 shows land area, minimum and maximum volume required for disposal of other monthly Nitrogen inputs from 0.01 to 0.30 P/month.

P per month (kg)	Land area needed (m²)	Min input (L/Day)	Max input (L/Day)	
0.01	8	11	160	
0.02	16	22	320	
0.05	40	55	800	
0.08	64	88	1280	
0.10	80	110	1600	
0.15	120	164	2400	
0.20	160	219	3200	
0.30	240	329	4800	