



ESTER MARESSA AFONSO

**EFEITO DA MAGNETIZAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE ÍONS E
DESENVOLVIMENTO DO CAPIM-ELEFANTE
CULTIVADO EM SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS
ALIMENTADOS COM ESGOTO SANITÁRIO**

**LAVRAS-MG
2019**

ESTER MARESSA AFONSO

**EFEITO DA MAGNETIZAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE ÍONS E
DESENVOLVIMENTO DO CAPIM-ELEFANTE CULTIVADO EM SISTEMAS
ALAGADOS CONSTRUÍDOS ALIMENTADOS COM ESGOTO SANITÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras como parte das
exigências do Curso de Engenharia Ambiental
e Sanitária, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Mateus Pimentel de Matos

Orientador

**LAVRAS -MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por conduzir as situações e pessoas certas nos momentos oportunos, abençoando o desenvolvimento deste estudo.

A minha mãe, por ser minha base, me incentivar aos estudos e acreditar em meu potencial.

Ao Professor Mateus Pimentel de Matos, pela paciência e conhecimento compartilhado ao longo deste trabalho.

Agradeço ao Jacineumo Falcão de Oliveira pelas sugestões à pesquisa realizada.

Ao Professor Fábio Ponciano e a Lis Lemos pelo empréstimo de material e por auxílio prestado.

Aos técnicos da ETE-UFLA, de modo especial ao Aroldo Lopes e Henrique Louregiani pelas orientações durante a montagem do experimento, e pelo apoio prestado.

Aos meus amigos Vitor Rigotti, Guido Freitas, Marina Azara que me ajudaram ao longo do projeto.

Aos técnicos do LADEG, pelo suporte nas análises do experimento.

RESUMO

Na tentativa de aumentar a eficiência de sistemas alagados construídos (SACs), de forma a propiciar redução da área requerida, tem-se avaliado algumas estratégias relativas à planta, como escolha de espécies mais adequadas, a densidade e a frequência de corte de parte aérea, adição de estimulantes ao crescimento, entre outros. Para aumentar a absorção de nutrientes e a produtividade das culturas na agricultura, é investigado o potencial da indução de campo magnético. Assim, com a realização do presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito da magnetização na extração de íons e desenvolvimento do capim-elefante cultivado em sistemas alagados construídos alimentados com esgoto sanitário. Para avaliação, monitorou-se o pH e a condutividade elétrica (CE), além do crescimento, a produtividade e os teores de nutrientes na parte aérea. Com base nos resultados já obtidos, verificou-se maior crescimento e germinação, além de maior redução da CE na unidade submetida ao campo magnético. De posse dos dados ainda em obtenção, espera-se observar também maior produtividade do capim-elefante nessa condição. Possivelmente não haverá diferença em relação aos teores de nutrientes, pois poderá haver efeito diluidor na maior massa seca obtida no SAC com magnetizador.

Palavras-chave: Campo Magnético; Condutividade elétrica; Produtividade; Teor de nutrientes; Wetlands Construídos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 MATERIAIS E MÉTODOS	8
2.1 Descrição do Sistema	8
2.2 Condições de Operação	9
2.3 Análise de Dados	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
3.1 Efeito do magnetizador no pH e condutividade elétrica	11
3.2 Efeito do magnetizador no crescimento das plantas e teores de nutrientes	13
4 CONCLUSÃO.....	15
5.0 REFERÊNCIAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, alternativas naturais de tratamento de águas residuárias têm atraído grande interesse, sobretudo para adoção em soluções descentralizadas (GARFÍ; FLORES; FERRER, 2017). Nesse contexto, a tecnologia dos Sistemas Alagados Construídos (SACs) ou *Wetlands* Construídos vem se difundindo no Brasil, graças a vantagens como facilidade de instalação e operação, baixos custos, elevadas eficiências, a harmonia paisagística e a possível geração de biomassa vegetal passível de aproveitamento (SHELEF; GROSS; RACHMILEVITCH, 2013; MACHADO et al., 2017). Além disso, os SACs podem ser empregados no tratamento de diferentes águas residuárias, podendo ser também empregadas na depuração de efluentes da agroindústria (WU et al., 2015).

Como toda unidade de tratamento, os SACs também possuem algumas desvantagens, sendo as principais, a colmatção do leito e a exigência de grandes áreas, em comparação aos reatores convencionais (WU et al., 2015; DE MATOS; VON SPERLING; DE MATOS 2018). Por essa razão, tem-se realizado estudos de forma a elevar o desempenho dos SACs, permitindo reduzir a demanda de espaço físico para sua instalação.

Em compilado realizado por Wu et al. (2015) e Ilyas; Masih (2017), levantou-se algumas possíveis alterações que podem ser adotadas em SACs de forma a intensificá-lo (otimizá-lo), como a aeração artificial, a introdução de chicanas, recirculação, a escolha de medias reativas (como carvão ativado, zeólita e conchas) ou a alteração nas condições de alimentação com água residuária. Além dessas modificações, que podem encarecer ou dificultar a concepção do projeto, outras estratégias também têm mostrado efeito positivo.

Sendo as espécies vegetais parte importante no desempenho dos SACs na remoção de poluentes, em função da contribuição com o fornecimento de oxigênio na zona de raízes, absorção de nutrientes, interceptação, filtração e influência na comunidade microbiana, a escolha da espécie vegetal para cultivo nas unidades é essencial (BRIX, 1997; CARBALLEIRA; RUIZ; SOTO, 2016). Panrare; Tondee; Sohsalam (2016), relatam que fatores como densidade de plantas, o corte na frequência correta da parte aérea e o enriquecimento do meio com a adição de algumas espécies de microrganismos também têm resultado em melhora do desempenho dos SACs.

Araújo et al. (2018) e Leiva et al. (2018), sugerem ainda que o uso do ácido giberélico, que induz o crescimento, e o uso de mais de uma espécie nos SACs podem propiciar o tratamento de maiores cargas de poluentes em menores áreas. Na agricultura, de forma a maximizar a absorção de nutrientes e o aumento da produtividade das culturas, têm-se

investigado o efeito da magnetização da água de irrigação, o que tem gerado resultados animadores para os pesquisadores e produtores. Grewal; Maheshwari, (2011), por exemplo, obtiveram aumento da produção e maior desenvolvimento das culturas do grão de bico e ervilha, após essas serem irrigadas com a água submetida a um campo magnético. Observações semelhantes foram verificadas por Aghamir et al., (2016), Abedinpour; Rohani, (2017), Gao et al., (2017), Putti et al., (2018) para culturas como feijão, milho, algodão e cenoura, indicando que a técnica é promissora, especialmente em condições com elevada salinidade, caso de águas residuárias.

De acordo com Ali et. al (2014) e Rashid et. al (2016), a exposição da água a um campo magnético, causa indução de diferentes alterações físicas e químicas no meio aquoso, algumas das quais persistem de alguns minutos até vários dias, condições essas que facilitariam a absorção de água e, conseqüentemente de nutrientes. Segundo Dannehl, (2018) ainda ocorrem modificações na estrutura vegetal, implicando em aumento da germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento das plantas.

Dada ao possível aumento na absorção de nutrientes e a influência na atividade microbiana Zaidi et al. (2014); Tomska, (2016); Yadollahpour; Rashi, (2017), espera-se que a magnetização também possa ter efeito positivo no desempenho de plantas cultivadas em SACs. Sobretudo por serem as áreas alagadas, ambientes mais produtivos, condição na qual poderia-se observar maior efeito da magnetização (KISSOON; JACOB; OTTE, 2011).

Sendo assim, com a realização do trabalho, objetivou-se avaliar o efeito da magnetização na capacidade das plantas cultivadas em Sistemas Alagados Construídos de Escoamento Horizontal Subsuperficial (SACs), operando em batelada, na remoção de íons no efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto da Universidade Federal de Lavras-MG (ETE-UFLA).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição do Sistema

Para avaliação, foram utilizados dois Sistemas Alagados Construídos de Escoamento Horizontal de Escoamento Subsuperficial (SACs), instalados na Estação de Tratamento de Esgoto da UFLA-MG (ETE-UFLA). As unidades foram montadas em caixas d'água de 100 L, de 62 cm de diâmetro e 40 cm de altura, que foram preenchidas com brita #0 até a altura de 20 cm. Em uma das caixas d'água foi adicionado um imã magnetizador, acondicionando-o no fundo do SAC, de forma a poder influenciar sobre todo o volume útil do tanque.

Como o magnetizador tem um certo raio de alcance, os dois SACs ficaram submetidos às mesmas condições ambientais (expostos ao sol), porém foram colocados distantes 27 m, permitindo a comparação do efeito do magnetizador na remoção de íons e no crescimento das culturas.

A espécie vegetal escolhida para o sistema foi *Pennisetum purpureum*, comumente conhecida por Capim-elefante ou Capim Napier, gramínea de alta produção de forragem quando submetida a cortes frequentes, de ciclo de vida perene, e que pode alcançar de 1,5 até mais de 5,0 m de altura (FONTANELI et al., 2012; DE MORAIS et al., 2012; JAMPEETONG; BRIX; KANTAWANICHKUL, 2014). Os atributos relatados favorecem a avaliação comparativa em um curto período de tempo.

2.2 Condições de Operação

As duas unidades foram alimentadas semanalmente de forma manual, com adição de 10 litros de esgoto da ETE-UFLA, que permitia preencher até 17 cm dos SACs, caracterizando-os como de escoamento subsuperficial, porém como operação em batelada. A cada semana, sempre às terças-feiras, o esgoto contido nos tanques por 7 dias era descartado por meio de uma torneira localizada na parte inferior das caixas d'águas, enquanto um esgoto "novo" era adicionado na parte superior dos SACs.

A água residuária utilizada nos ensaios era coletada na saída da ETE-UFLA, que é composto por sistema preliminar, reatores UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*), Filtros Biológicos Aerados Submersos (FBAS), filtros de areia, tanques de contato com adição de cloro e lâmpadas de UV, indicando ser um efluente que possui boa parte dos seus nutrientes na forma iônica, estando assim prontamente disponível para a absorção da cultura.

2.3 Análise de Dados

Amostras do esgoto adicionado e do esgoto descartado foram coletados para análise de pH e Condutividade Elétrica (CE), utilizando, respectivamente, peagâmetro e condutivímetro, no laboratório de Águas Residuárias e Reúso de Água do Setor de Engenharia Ambiental e Sanitária da UFLA. As variáveis podem indicar o efeito do magnetizador no pH da água e na presença de nutrientes, influência observada por (GREWAL; MAHESHWARI, 2011). O uso da CE permite inferir de maneira indireta, econômica e rápida sobre a presença dos nutrientes na forma iônica (SURESH et al., 2009).

Ao final do monitoramento, serão feitos testes estatísticos de medianas (testes não paramétricos) para comparação do efeito da magnetização no pH e na CE.

A cada 30 dias, conforme apresentado na Tabela 1, foram realizados cortes da parte aérea do capim-elefante, para determinação da massa seca conforme metodologia descrita em Matos (2012) e teores de nutrientes (macro e micronutrientes), que será realizada no Laboratório da Análise Foliar do Departamento de Química da UFLA. Registros fotográficos e a medição da altura do capim-elefante em cada SAC também foram feitos semanalmente.

Tabela 1 – Eventos ocorridos durante o monitoramento do efeito do magnetizador nos SACs tratando esgoto.

Data	Evento
15/10	Início da operação e do monitoramento
22/10	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
29/10	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
05/11	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
12/11	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
19/11	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
19/11	1º corte da parte aérea
26/11*	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
03/12*	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
10/12*	Coleta do esgoto para análise de pH e CE
10/12**	2º corte da parte aérea

* A serem realizadas no trabalho após a defesa do TCC. Após obtenção desses resultados, serão feitos testes estatísticos.

** Pretende-se cortar a parte da aérea nesta data e acrescentar os resultados na parte escrita da versão final do TCC.

Fonte: Do autor (2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito do magnetizador no pH e condutividade elétrica

Após a coleta das entradas (afluente) e saídas (efluente), da água residuária em cada sistema, realizou-se as análises de CE e pH das amostras, estando os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de pH e condutividade elétrica (CE) medidas no esgoto de alimentação das unidades e após a passagem pelos sistemas alagados construídos com e sem magnetizador.

Análises	Variáveis	Entrada	Saída (sem magnetizador)	Saída (com magnetizador)
1ª análise	pH	6,06	6,83	7,00
	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	713	517	401
2ª análise	pH	6,51	7,00	7,05
	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	720	370	310
3ª análise	pH	6,43	6,51	6,82
	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	710	330	320
4ª análise	pH	6,61	6,65	6,52
	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	630	230	220

Os valores das saídas registrado em cada sistema, foram obtidos após sete dias de entrada do efluente.

Fonte: Do autor (2019).

Como pode ser observado, houve redução da CE do esgoto após o tratamento nos SACs, dada a capacidade das plantas em extraírem íons da solução como observado De Matos et al., (2010). Os autores utilizaram capim-elefante em SACs de escoamento horizontal subsuperficial no tratamento da água residuária de laticínios (ARL) e verificaram que a espécie foi a mais efetiva na redução da concentração de potássio. Outros trabalhos como, Li et al. (2013), Xu et al. (2015), Klomjek (2016) e Udom, Mbajjorgu e Oboho (2018), também encontraram redução das concentrações de N e P em unidades de escoamento subsuperficial horizontal e vertical, havendo absorção pelo capim-elefante.

No entanto, a verificação de redução da CE depende das características do esgoto de Matos et al. (2010) avaliando o efeito de diferentes carregamentos orgânicos na remoção de poluentes observaram aumento da CE na saída do sistema de tratamento. A razão é que no

experimento dos autores, os SACs recebiam a água residuária ainda bruta, com os nutrientes ainda dependentes de mineralização, o que ocorria nos reatores, implicando em aumento da concentração de íons. Além disso, o elevado TDH (em torno de 7,0 dias) proporcionado no presente trabalho permite maior oportunidade para absorção de nutrientes da planta.

Em Matos et al. (2010), as unidades foram submetidas a um TDH de 4,8 dias, enquanto na literatura o mais comum é observar valores inferiores a 2,0 dias, visando a redução da área demandada. Fia et al. (2017) com TDH bem mais elevado, que variou entre 11,8 a 12,0 d, verificaram redução da condutividade elétrica após passagem pelos SACs cultivados com taboa e capim-tifton 85. Gulzar et al. (2018) também obtiveram resultados com redução da CE, porém no caso desses autores, a razão é que os SACs foram instalados após outros reatores biológicos, o que permitia maior disponibilização dos íons para absorção pelas plantas.

Ao operar em batelada, com grande tempo de permanência do líquido no sistema, objetivou-se criar uma condição na qual poderia se observar um efeito ainda mais pronunciado da absorção pelas plantas pela magnetização da água. Já Zhang et al. (2012) demonstraram que a alimentação intermitente pode proporcionar maior remoção de N.

Como pode ser observado na (Tabela 2), numericamente houve efeito do campo magnético na redução da CE, havendo menores valores efluentes no SAC com magnetizador. Após realização de todas as coletas, pretende-se fazer testes estatísticos para verificar se realmente há influência ou se os valores ocorreram ao acaso. Na literatura, é possível encontrar trabalhos que demonstraram que a capacidade de extração das culturas aumentou, implicando em crescimento das culturas (AGHAMIR et al. 2016; ABEDINPOUR; ROHANI, 2017; GAO et al. 2017; PUTTI et al. 2018). Liu et al. (2019), por exemplo, explicam pelo aumento das atividades das enzimas das plantas, permitindo alcançar maior absorção pelas plantas quando submetidas ao campo magnético.

Em relação ao pH, parece haver um ligeiro aumento da entrada para as saídas, enquanto há maiores valores numéricos no SAC com magnetizador, diferente do que observaram (GREWAL; MAHESHWARI, 2011) na avaliação em solos. Os autores observaram redução do pH, após o corte da parte aérea da ervilha, sendo o mesmo efeito observado por (ABD-ELRAHMAN; SHALABY, 2018). Shahin e Mashhour (2016), por outro lado, justificaram o aumento do pH da solução do solo como resultado da polarização e arranjo dos átomos da água, o que é mais visível quando há aumento do tempo de contato com o campo magnético.

Assim, o elevado TDH em relação aos trabalhos de Grewal e Maheshwari (2011) e Abd-Elrahman e Shalaby (2017), poderia justificar as diferenças entre os resultados obtidos.

3.2 Efeito do magnetizador no crescimento das plantas e teores de nutrientes

Segundo Henrique et al. (2010), o magnetismo está intimamente ligado ao movimento das cargas elétricas e o movimento da água dentro das plantas, contribuindo deste modo para o crescimento vegetativo e conseqüentemente na diminuição de compostos iônicos disponíveis no meio externo líquido. Assim, espera-se obter maior produtividade do capim-elefante submetido ao campo magnético. Os resultados do primeiro corte ainda não ficaram prontos, razão pela qual não está apresentados (Tabela 3).

Tabela 3 – Produtividade, crescimento vegetativo e teores de macro e micronutrientes obtidos nos dois cortes das unidades com e sem magnetizador.

Variáveis	SAC com magnetizador		SAC sem magnetizador	
	1º Corte	2º Corte	1º Corte	2º Corte
Crescimento (cm)				
Produtividade (g m ⁻² d ⁻¹)				
Teor de N (g kg ⁻¹)				
Teor de P (g kg ⁻¹)				
Teor de K (g kg ⁻¹)				

Fonte: Do autor (2019).

Em um estudo realizado por González Aguilera e Martín Martín (2016), avaliando o desempenho de água tratada magneticamente para germinação do tomateiro (*Solanum lycopersicum L.*), foi possível evidenciar que o tratamento magnético nas mudas de tomate permitiram que as plantas tivessem uma melhor disponibilidade de nutrientes a partir do substrato empregado, constatando em apenas 16 dias de germinação, uma diferença de 0,13 mm no diâmetro do caule das plantas submetidas a tratamento de água magnetizada em relação a produção comum, e uma diferença de 2,95 cm de altura a mais para plantas submetidas ao tratamento magnético.

Essa condição está em concordância com resultados obtidos nas análises deste experimento com capim-elefante, sendo observado um desenvolvimento médio de 20,0 cm da parte aérea das plantas em ambos os sistemas, entretanto, com 2,00 cm a mais (em média) no SAC submetido ao campo magnético. Nessa unidade também foi visível a maior germinação de novas folhas ao longo do caule da planta (Figura 1).

Figura 1 – Comparação dos sistema alagados.



Legenda: Posicionado acima (tratamento não magnetizado); posicionado a baixo (tratamento magnetizado) – Condição após 3 semanas de tratamento.

Fonte: Do Autor (2019).

Se o efeito no crescimento das plantas foi facilmente identificado, os teores de nutrientes podem não reproduzir as alterações que ocorrem as plantas durante o contato com o campo magnético. Gao et al. (2017), por exemplo, não verificaram diferença significativa quanto aos teores de P e K, o que pode ser explicado pela maior diluição dos nutrientes presentes no ambiente com maior produção de matéria seca. Mesmas evidências foram reportadas por (LI et al., 2013).

Em relação à comparação com o capim-elefante cultivados em SACs na literatura, Matos et al. (2010) obtiveram $12,8 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ de produtividade, com $25,4$ a $28,1 \text{ g kg}^{-1}$ de N e $3,9 \text{ g kg}^{-1}$ de P na parte aérea. Já Li et al. (2013) conseguiram produtividade de $1,82$ a $6,08 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Após obtidos os valores provenientes do laboratório de análise foliar será possível inferir sobre o efeito do magnetizador sobre os teores de nutrientes e produção de matéria seca.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

- A magnetização influenciou no crescimento e desenvolvimento do capim-elefante, sendo possível observar maior crescimento e germinação no sistema alagado construído (SAC) com a introdução do magnetizador;
- Em face do melhor desenvolvimento, observou-se maior remoção de íons no SAC magnetizador, o que refletiu nos valores de condutividade elétrica obtidos;

Com os resultados ainda a serem obtidos, espera-se que:

- Haja maior produtividade no SAC com água magnetizada;
- Os teores de nutrientes não diferiram entre os dois SACs, em razão da maior produção de massa seca do SAC com magnetizador, causando um efeito diluidor no teor de nutrientes.

Conclui-se que a água residuária quando magnetizada, facilita a remoção de compostos iônicos disponíveis no esgoto sanitário. Os resultados mostram que efluente utilizado para tratamento, obteve menores valores em condutividade elétrica, quando exposto ao campo magnético, indicando deste modo, provável absorção iônica pelas plantas utilizadas no sistema. O emprego deste mecanismo tecnológico no sistema wetland, promove eficiência do mesmo, podendo viabilizar a redução de área para sistemas alagados construídos.

5.0 REFERÊNCIAS

- ABD-ELRAHMAN, S.; SHALABY, O. Response of wheat plants to irrigation with magnetized water under Egyptian soil conditions. **Egyptian Journal of Soil Science**, v. 0, n. 0, p. 0–0, 2018.
- ABEDINPOUR, M.; ROHANI, E. Effects of magnetized water application on soil and maize growth indices under different amounts of salt in the water. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7, n. 3, p. 319–325, 2017.
- AGHAMIR, F. et al. Seed germination and seedling growth of bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by magnetized saline water. **Eurasian Journal of Soil Science (Ejss)**, v. 5, n. 1, p. 39, 2016.
- ALI, Y.; SAMANEH, R.; KAVAKEBIAN, F. Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development: A Review of Recent Advances. **Current World Environment**, v. 9, n. 3, p. 695–703, 2014.
- ARAÚJO, E. D. et al. Effects of gibberellic acid on Tifton 85 bermudagrass (*Cynodon* spp.) in constructed wetland systems. **PLoS ONE**, v. 13, n. 10, p. 1–26, 2018.
- Available Online through Research Article MAGNETIZED WATER TREATMENT : REVIEWING THE ENVIRONMENTAL. v. 8, p. 11431–11441, 2016.
- BRIX, H. **Do macrophytes play a role in constructed treatment wetlands?** *Water Science and Technology*, 1997.
- CARBALLEIRA, T.; RUIZ, I.; SOTO, M. Effect of plants and surface loading rate on the treatment efficiency of shallow subsurface constructed wetlands. **Ecological Engineering**, v. 90, p. 203–214, 2016.
- DANNEHL, D. Effects of electricity on plant responses. **Scientia Horticulturae**, v. 234, n. January, p. 382–392, 2018.

DE MATOS, A. T. et al. Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1311–1317, 2010a.

DE MATOS, A. T. et al. Influência da taxa de carga orgânica no desempenho de sistemas alagados construídos cultivados com forrageiras. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 83–92, 2010b.

DE MATOS, M. P.; VON SPERLING, M.; DE MATOS, A. T. Clogging in horizontal subsurface flow constructed wetlands: influencing factors, research methods and remediation techniques. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v. 17, n. 1, p. 87–107, 2018.

DE MORAIS, R. F. et al. Contribution of biological nitrogen fixation to Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). **Plant and Soil**, v. 356, n. 1–2, p. 23–34, 2012.

FIA, F. R. L. et al. Efeito da vegetação em sistemas alagados construídos para tratar águas residuárias da suinocultura. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 2, p. 303–311, 2017.

FONTANELI, R. S. et al. Forrageiras para Integração Lavoura – Pecuária Floresta na Região Sul- Brasileira. 2. Ed, Brasília, DF: Embrapa, 2012. 544 p.

GARFÍ, M.; FLORES, L.; FERRER, I. Life Cycle Assessment of wastewater treatment systems for small communities: Activated sludge, constructed wetlands and high rate algal ponds. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 211–219, 2017.

GONZÁLEZ AGUILERA, J.; MARTÍN MARTÍN, R. ÁGUA TRATADA MAGNETICAMENTE ESTIMULA A GERMINAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Solanum lycopersicum* L. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 47–53, 2016.

GREWAL, H. S.; MAHESHWARI, B. L. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings.

Bioelectromagnetics, v. 32, n. 1, p. 58–65, 2011.

GULZAR, F. et al. Industrial wastewater treatment in internal circulation bioreactor followed by wetlands containing emergent plants and algae. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 34, n. 8, p. 1–8, 2018.

HENRIQUE, F. et al. A Influência do Campo Magnético na Germinação e no Crescimento de Vegetais. p. 1–15, 2010.

ILYAS, H.; MASIH, I. Intensification of constructed wetlands for land area reduction: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 13, p. 12081–12091, 2017.

JAMPEETONG, A.; BRIX, H.; KANTAWANICHKUL, S. Effects of inorganic nitrogen form on growth, morphology, N uptake, and nutrient allocation in hybrid Napier grass (*Pennisetum purpureum* × *Pennisetum americanum* cv. Pakchong1). **Ecological Engineering**, v. 73, p. 653–658, 2014.

KISSOON, L. T. T.; JACOB, D. L.; OTTE, M. L. Multiple elements in *Typha angustifolia* rhizosphere and plants: Wetland versus dryland. **Environmental and Experimental Botany**, v. 72, n. 2, p. 232–241, 2011.

KLOMJEK, P. Swine wastewater treatment using vertical subsurface flow constructed wetland planted with Napier grass. **Sustainable Environment Research**, v. 26, n. 5, p. 217–223, 2016.

LEIVA, A. M. et al. Performance of ornamental plants in monoculture and polyculture horizontal subsurface flow constructed wetlands for treating wastewater. **Ecological Engineering**, v. 120, n. June, p. 116–125, 2018.

LI, L. et al. Growth characteristics of six wetland plants and their influences on domestic wastewater treatment efficiency. **Ecological Engineering**, v. 60, p. 382–392, 2013.

LIU, X. et al. The effects of magnetic treatment on nitrogen absorption and distribution in seedlings of *Populus* × *euramericana* ‘Neva’ under NaCl stress. **Scientific Reports**, v. 9, n.

1, p. 1–14, 2019.

MACHADO, A. I. et al. Overview of the state of the art of constructed wetlands for decentralized wastewater management in Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 187, p. 560–570, 2017.

PANRARE, A.; TONDEE, T.; SOHSALAM, P. Effect of Plant Density in Constructed Wetland on Domestic Wastewater Treating Efficiency. **International Journal of Applied and Physical Sciences**, v. 2, n. 1, 2016.

PUTTI, F. F. et al. Água tratada magneticamente para irrigação: efeitos na produção e eficiência do uso da água na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 2, p. 447–455, 2018.

REN, X. M. et al. Effects of plant growth-promoting bacteria (PGPB) inoculation on the growth, antioxidant activity, Cu uptake, and bacterial community structure of rape (*Brassica napus* L.) grown in Cu-contaminated agricultural soil. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, n. JUN, p. 1–12, 2019.

SHAHIN, M. M.; MASHHOUR, A. M. A. Effect of Magnetized Irrigation Water and Seeds on Some Water Properties, Growth Parameter and Yield Productivity of Cucumber Plants. **Current Science International**, n. 1996, p. 152–164, 2016.

SHELEF, O.; GROSS, A.; RACHMILEVITCH, S. Role of plants in a constructed Wetland: Current and new perspectives. **Water (Switzerland)**, v. 5, n. 2, p. 405–419, 2013.

SURESH, A. et al. Prediction of the nutrients value and biochemical characteristics of swine slurry by measurement of EC - Electrical conductivity. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 20, p. 4683–4689, 2009.

TOMSKA, A. The Effect of the Magnetic Field on Nitrogen Compounds Transformations in Wastewater Treatment with Activated Sludge. **Engineering and Protection of Environment**, v. 19, n. 4, p. 589–598, 2016.

UDOM, I. J.; MBAJIORGU, C. C.; OBOHO, E. O. Development and evaluation of a constructed pilot-scale horizontal subsurface flow wetland treating piggery wastewater. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 9, n. 4, p. 3179–3185, 2018.

VERHOFSTAD, M. J. J. M. et al. Finding the harvesting frequency to maximize nutrient removal in a constructed wetland dominated by submerged aquatic plants. **Ecological Engineering**, v. 106, p. 423–430, 2017.

WU, H. et al. A review on the sustainability of constructed wetlands for wastewater treatment: Design and operation. **Bioresource Technology**, v. 175, p. 594–601, 2015a.

WU, H. et al. Strategies and techniques to enhance constructed wetland performance for sustainable wastewater treatment. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 19, p. 14637–14650, 2015b.

XU, Q. et al. *Pennisetum sinense* Roxb and *Pennisetum purpureum* Schum. as vertical-flow constructed wetland vegetation for removal of N and P from domestic sewage. **Ecological Engineering**, v. 83, p. 120–124, 2015.

YADOLLAHPOUR, A.; RASHI, S. *Pharmaceutical sciences*. v. 4, n. 05, p. 1120–1124, 2017.

YANJU GAO et al. Effects of Magnetic Water Irrigation on the Growth, N Uptake and Antioxidant Enzyme Activities of Cotton Seedlings. **Journal of Agricultural Science and Technology B**, v. 7, n. 1, p. 25–33, 2017.

ZAIDI, N. S. et al. Magnetic field application and its potential in water and wastewater treatment systems. **Separation and Purification Reviews**, v. 43, n. 3, p. 206–240, 2014.

ZHANG, D. Q. et al. Nutrient removal in tropical subsurface flow constructed wetlands under batch and continuous flow conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 96, n. 1, p. 1–6, 2012.

