

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**DESEMPENHO DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADO  
COM CAPIM TIFTON 85 (*CYNODON DACTYLON* PERS.)**

MARIA FERNANDA ANTUNES COLLARES



**Maria Fernanda Antunes Collares**

**DESEMPENHO DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADO COM CAPIM TIFTON  
85 (*CYNODON DACTYLON* PERS.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Fernando Colen

Montes Claros

Instituto de Ciências Agrárias

2017

Maria Fernanda Antunes Collares. **DESEMPENHO DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS CULTIVADO COM CAPIM TIFTON 85 (CYNODON DACTYLON PERS.)**.

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Irene Menegali

Prof. Dr. Rodolpho Cesar dos Reis Tinini



---

Prof. Dr. Fernando Colen – Orientador  
ICA/UFMG

Montes Claros, 08 de Dezembro de 2017

Dedico a Deus, aos meus pais, minha irmã, meu namorado e meu orientador por todo apoio, incentivo e amor na realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por nunca desistir de mim e estar sempre acima de tudo.

Ao professor, Fernando Colen, pela orientação, oportunidade oferecida, suporte, confiança depositada e por todos os ensinamentos.

Aos professores Irene e Rodolpho por aceitarem o convite para a banca.

Aos meus pais, Magno e Tânia, por todo apoio, incentivo e orações. Vocês são a base e força para continuar minha caminhada.

A minha irmã Isabela, pela dedicação, paciência e conversas que me ajudaram a superar os momentos difíceis.

A Kêuron, pelo companheirismo, paciência, amor, dedicação e conselhos. Foi fácil vencer tudo isso ao seu lado.

A Diogo, por toda ajuda, força e apoio.

A minha avó Marlene por todo ensinamento e base nos estudos.

Aos demais familiares, pelo amor e apoio.

A Mari, Bru e Dri por todos os momentos que passamos juntas.

Aos amigos do grupo Laranja por fazer da graduação uma etapa feliz.

A Maria Cecília Fernandes por todos os conselhos.

A Anita, Tody, Sandy, Theo, Mel, Nina, Nona e Nero por me ensinarem o lado bom da vida.

A todos envolvidos nesse trabalho pela dedicação e disposição.

## RESUMO

Os sistemas de alagados construídos (SACs) são uma alternativa atraente para o tratamento de águas residuárias da suinocultura devido seu baixo custo de implantação e manutenção. O presente trabalho teve por objetivo avaliar um sistema de alagados construídos de fluxo vertical utilizando como meio suporte brita zero e areia, cultivados com *Cynodon dactylon* Pers., para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. Para tal, foram construídos 12 sistemas de alagados construídos, com altura de 70 cm e diâmetro 200 mm, e tempo de detenção hidráulica de aproximadamente 3 dias. O experimento foi conduzido nos meses de agosto a novembro de 2017, na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais localizada nas coordenadas de latitude 16°40'34.95"S e longitude 43°50'29.44"O. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com três repetições em cada tratamento sendo esses com substratos areia, brita, areia + planta e brita + planta. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para normalidade das amostras, teste de ANOVA, teste de médias através do teste F e o teste de comparação de médias Tukey com 5% de significância, com o software R. Observou-se que para a remoção de DQO, os tratamentos diferenciaram entre si estatisticamente, podendo destacar a elevada eficiência do tratamento com brita + planta chegando a 96 %, seguindo do tratamento com brita 91 %, areia + planta 72 % e areia com 84 %. Na eficiência de remoção de turbidez, sólidos totais, fixos e voláteis entre os tratamentos não houve diferença significativa, mas é possível observar uma redução considerável dos parâmetros avaliados. Para pH a maior média ficou com o tratamento brita + planta e condutividade elétrica a maior média foi do tratamento areia, sendo que a menor média dos parâmetros foi para o tratamento areia e planta. O tifton 85 cultivado apresentou boa adaptação ao meio tendo assim um bom crescimento e produção. Com isso, conclui-se que o sistema de alagados construídos para o tratamento de águas residuárias é eficiente sendo recomendado o uso das cultivares por apresentar uma menor carga poluidora, sendo o capim tifton 85 nutritivo para a alimentação animal.

**Palavras-chave:** Efluentes. Suinocultura. Águas residuárias. *Wetlands*.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1-</b> Corte transversal do sistema de alagados construídos (SACs).....	17
<b>Figura 2-</b> Tifton – 85 ( <i>Cynodon dactylon</i> Pers.).....	18
<b>Gráfico 1-</b> Análise de DQO ao longo do tempo .....	21
<b>Gráfico 2-</b> Eficiência de DQO dos SACs.....	21
<b>Gráfico 3-</b> Análise ao longo do tempo de CE .....	24
<b>Gráfico 4-</b> Análise ao longo do tempo de pH .....	25
<b>Gráfico 5-</b> Análise ao longo do tempo de Turbidez.....	27
<b>Gráfico 6-</b> Eficiência de Turbidez dos SACs.....	27
<b>Gráfico 7-</b> Análise ao longo do tempo de Sólidos Totais .....	30
<b>Gráfico 8 -</b> Eficiência de Sólidos Totais dos SACs .....	30
<b>Gráfico 9-</b> Análise ao longo do tempo de Sólidos Fixos .....	32
<b>Gráfico 10-</b> Eficiência de Sólidos Fixos dos SACs .....	32
<b>Gráfico 11-</b> Análise ao longo do tempo de Sólidos Voláteis.....	36
<b>Gráfico 12-</b> Eficiência de Sólidos Voláteis dos SACs.....	36
<b>Quadro 1-</b> Vantagens e desvantagens dos sistemas de alagados construídos.....	16

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Índice de vazios do meio suporte dos SACs .....	18
<b>Tabela 2</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de DQO.....	20
<b>Tabela 3</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de CE .....	23
<b>Tabela 4</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de pH .....	25
<b>Tabela 5</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de turbidez .....	27
<b>Tabela 6</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de Sólidos Totais.....	29
<b>Tabela 7</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de Sólidos Fixos .....	31
<b>Tabela 8</b> – Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de Sólidos Voláteis.....	34
<b>Tabela 9</b> – Produtividade do Tifton 85.....	36



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

- SACs** – sistemas de alagados construídos
- AP** – tratamento com substrato areia + planta
- BP** – tratamento com substrato brita + planta

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
2.1 Sistema de alagados construídos .....	12
2.2 Tratamento de águas residuárias da suinocultura .....	13
2.3 Macrófitas cultivadas .....	14
2.4 Fatores do processo de tratamento .....	15
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>19</b>
4.1 Monitoramento de DQO.....	19
4.2 Condutividade Elétrica .....	22
4.3 pH .....	24
4.4 Turbidez .....	25
4.5 Sólidos.....	27
4.6 Produtividade do capim tifton 85 .....	34
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>40</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>41</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>42</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>44</b>
<b>APÊNDICE F .....</b>	<b>45</b>
<b>APÊNDICE G.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição ambiental é potencializada pelo crescimento acelerado da população, o desenvolvimento econômico ligado ao aumento da exploração dos recursos naturais, e a falta dos devidos procedimentos de tratamento e destinação adequada dos resíduos. A demanda pelos recursos hídricos está cada dia mais elevada devido ao progresso industrial, do setor doméstico e agrícola. Com isso, há uma elevação do volume das águas residuárias e da poluição do meio ambiente.

A atividade da suinocultura, no Brasil, é extremamente importante para a geração de empregos, renda e produção de proteína animal, porém gera uma carga poluidora elevada, tendo a necessidade de um tratamento e destinação adequado das mesmas.

O interesse científico, para a preservação dos recursos naturais, vem elevando o número de pesquisas em andamento, ganhando destaque o tratamento das águas residuárias através de sistemas alagados construídos, (SACs) por ser uma alternativa de baixo custo e boa eficiência, no qual, utilizam como meio de suporte materiais do próprio meio como exemplo areia e brita.

Os sistemas de alagados construídos utilizam-se de plantas cultivadas nos substratos auxiliando no tratamento das águas residuárias, além de harmonizar com a paisagem natural, obter um efluente com nível de purificação desejada para seu reuso ou destinação final de qualidade ideal para serem lançados em corpos hídricos desde que estejam em conformidade com as leis ambientais vigentes.

O tifton 85 é uma espécie que possui características de elevada produção, boa capacidade de crescimento e fácil adaptação a condições extremas desde que seu manejo seja correto. Desenvolve papel relevante nos SACs de extração dos minerais, diminuição da carga orgânica, redução da turbidez e também vem aumentando a vida útil dos SACs. Além disso, é uma importante forrageira na alimentação e nutrição animal mantendo uma boa qualidade para a produção de carne e leite.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho verificar a eficiência dos Sistemas Alagados Construídos (SACs) cultivados com tifton 85 (*Cynodon dactylon* Pers.) no tratamento e águas residuárias da suinocultura, utilizando como substrato brita zero e areia para as condições climáticas do município de Montes Claros-MG.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Sistema de alagados construídos

A demanda por água tratada vem elevando-se a cada dia principalmente no setor industrial (agrícola) e doméstico. A criação de animais confinados vem produzindo elevado volume de águas residuárias o que potencializa os problemas ambientais (MATOS *et al.*, 2009). Desde a década de 70 vem crescendo o uso do tratamento de águas residuárias utilizando os sistemas de alagados construídos por ser uma técnica baseada em processos bióticos e abióticos (BRASIL; MATOS; SOAREZ, 2007).

Os sistemas naturais de tratamento de água são uma alternativa de baixo custo de implantação, manutenção e operação para pequenas comunidades rurais. Dentre estes, cabe destacar o uso dos alagados construídos que possuem diversas vantagens como a utilização do sistema solo – planta – micro-organismos com combinação da radiação solar funcionando como reatores naturais de baixo custo para a refinação dos resíduos, sendo esteticamente apropriado ao ambiente e ao desenvolvimento benéfico para as condições climáticas no Brasil (MENDONÇA, 2011).

No Brasil, o termo “wetlands” recebe várias denominações como, por exemplo, leitos cultivados, solos encharcados, sistemas de alagados construídos, banhados construídos, terras úmidas construídas e até mesmo ecótonos por serem uma passagem entre ambientes terrestres e aquáticos (MENDONÇA, 2011).

Segundo Matos, Abrahão e Pereira (2008), os sistemas de alagados construídos (SACs) possuem proveitos ambientais como a possibilidade da criação dos animais silvestres com harmonia da paisagem natural, oferecendo produção de efluentes para serem lançados nos receptores dos SACs em que são projetados com plantas cultivadas em diferentes substratos como solo, areia, cascalho ou brita, nos quais ocorrem processos químicos, físicos e bioquímicos do tratamento das águas residuárias em condições ambientais favoráveis.

O sistema de alagados construídos por apresentar elevada capacidade de remoção de demanda química de oxigênio, bactérias e nutrientes possui potencial de diminuição da carga poluidora da água residuária devendo levar em condições os níveis de purificação satisfatória (MATOS *et al.*, 2009). As plantas cultivadas em SACs possuem importante papel na extração de macronutrientes e micronutrientes das águas residuárias, pois utilizam os mesmos para seu crescimento e nutrição (MATOS; FREITAS; LO

MONACO, 2009) tendo bons resultados na remoção da matéria orgânica e nutrientes de diversos tipos de águas residuárias (FIA *et al.*, 2015).

Contudo, para o lançamento das águas residuárias da suinocultura em corpos hídricos torna-se necessário o atendimento a legislação ambiental vigente FIA *et al.*, (2015), porém podem ser reutilizadas em irrigações de jardins, algumas culturas e campos sendo uma vantagem para os pequenos agricultores utilizando assim como fertilizantes naturais (SILVA, 2007).

Os substratos geralmente utilizados são os materiais inertes facilmente encontrados nas proximidades das comunidades sendo a areia, brita, cascalho, entre outros, podendo ser utilizado o solo desde que apresentem características físico-químico favoráveis ao sistema. Os sistemas de fluxo sub-superficial possuem capacidade de remoção de altas concentrações de nitrogênio, metais pesados e fósforo das águas residuárias (SILVA, 2007).

## **2.2 Tratamento de águas residuárias da suinocultura**

A suinocultura no Brasil é uma atividade de notória importância econômica com gerações de emprego e renda, devido ao aumento da demanda por alimentos com boa qualidade (MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2010; MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2009). Entretanto, o potencial poluidor desta atividade, gera dejetos com elevada concentração orgânica, trazendo preocupação quanto ao destino destes efluentes (MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2010; MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2009; FIA *et al.*, 2016).

Dentro das alternativas para o tratamento das águas residuárias da suinocultura ricas em matéria orgânica, destaca-se os sistemas de alagados construídos (SACs), por serem uma forma de baixo custo de implantação para mitigar a carga poluidora das águas (MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2010; MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2009; MATOS *et al.*, 2009) com utilizações de plantas em substratos podendo ser solo, areia, brita ou cascalho onde ocorrem processos físicos, químicos e biológicos de tratamento das águas residuárias (MATOS; ABRAHÃO; PEREIRA, 2008).

Os sistemas de alagados construídos funcionam como filtros naturais horizontais ou verticais, favorecendo a separação de sólidos suspensos totais retidos por meio físico e biofilmes aglutinados ao meio suporte e as raízes desenvolvidas no meio (MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2010). No Brasil e no mundo mostram que os SACs constituem-

se em tecnologias naturais para a remoção de altos índices de carbono, tendo elevada capacidade de depuração das águas residuárias (MENDONÇA, 2011).

O tratamento em sistemas de alagados construídos consiste na passagem da água residuária pelas raízes das plantas cultivadas no meio suporte, tendo as plantas como auxiliaadoras para o movimento eficiente de oxigênio atmosférico até as raízes, estabelecendo quantidades satisfatórias de oxigênio para as bactérias aeróbias hospedeiras ao redor das raízes municiando-as com nutrientes aptas para seu desenvolvimento. Portanto, diminui-se a carga orgânica do efluente por meio deste mecanismo (SILVA, 2007).

Entretanto, os SACs, precisam ser projetados com a impermeabilização dos leitos, pois seu objetivo é a proteção do ambiente e seus efluentes necessitam atender às exigências da legislação ambiental para lançamento em corpos d'água (FIA *et al.*, 2010).

### **2.3 Macrófitas cultivadas**

No tratamento das águas residuárias em sistemas de alagados construídos é primordial a escolha da espécie vegetal cultivada MATOS, FREITAS e LO MONACO (2009), pois a mesma deve ter capacidade de extração de minerais, adaptar-se ao ambiente alagado e proporcionar valor nutricional considerável para o seu aproveitamento como forrageira (MATOS; ABRAHÃO; PEREIRA, 2008). Mendonça (2011), afirma que geralmente cultiva as espécies encontradas próximas ao local dos SACs.

Existem diversas variedades de macrófitas aquáticas para serem cultivadas em SACs com fluxo subperifical, visto que as macrófilas emergentes se destacam em seu papel na dinâmica dos nutrientes, uma vez que a lâmina de água precisa manter-se abaixo da superfície suporte (BRASIL; MATOS; SOAREZ, 2007; FIA *et al.*, 2016). Dominam nos SACs as macrófilas com seu sistema radicular preso ao substrato, podendo desenvolver-se em circunstâncias que o nível do lençol freático permanece a 50 cm abaixo do nível do solo ou em ocasiões em que o nível da água permanece a 150 cm do nível do solo SALATI *et al.*, (2009).

Outra vantagem das plantas cultivadas nos sistemas de alagados construídos é que seu sistema radicular contribui para aumentar a vida útil das unidades amostrais, pois a porosidade drenável tende a ser maior quando comparados a SACs sem vegetação (MATOS *et al.*, 2015). As raízes das plantas auxiliam na retirada dos sólidos suspensos e na diminuição da turbidez, ajudando assim o desenvolvimento dos fungos e bactérias que decompõem a matéria orgânica da água residuária (SILVA, 2007).

Tratando-se de gramíneas forrageiras, as mesmas compõem-se de uma escolha provável na alimentação de animais devido seu baixo custo e elevado potencial de produção, porém as condições ambientais as quais são submetidas interferem em seu crescimento e valor nutritivo. Seu crescimento pode ser avaliado das seguintes formas: método destrutivo que consiste no acúmulo do peso seco da planta e pelo método não-destrutivo, fazendo a medição através da altura ou do índice foliar da planta (OLIVEIRA; PEREIRA; GOMIDE, 2000).

Diante deste cenário, o capim tifton 85 (*Cynodon dactylon* Pers.) exibe boa capacidade de crescimento, produtividade, resistência a cortes frequentes, sua matéria seca é de boa qualidade quando se tem condições favoráveis de manejo e adubação chegando até 1 m de altura, MATOS, ABRAHÃO e PEREIRA (2008) se destaca o gênero *Cynodon* por apresentar adaptação às condições tropicais e subtropicais (OLIVEIRA; PEREIRA e GOMIDE, 2000).

Queiroz *et al.*, (2004), estudando o emprego de águas residuárias da suinocultura em quatro espécies forrageiras (capim da Amazônia, capim braquiária, capim coastcross e capim tifton 85) pelo método superficial, constataram que dentre as gramíneas estudadas, o capim tifton 85 foi o mais adequado devido sua alta capacidade de extração de nutrientes, alta produtividade e boa cobertura do solo nas rampas cultivadas.

## **2.4 Fatores do processo de tratamento**

Os sistemas de alagados construídos são variáveis em tamanho, quantidade de efluente e disponibilidade de material nas proximidades do local de construção, sendo seus custos apenas a construção dos SACs, a mão de obra para as plantas e o nível da água. Os meios de suporte dos SACs são altamente influenciáveis no tratamento das águas residuárias, pois apesar de obter duas funções como filtração e suporte para as plantas, eles precisam apresentar permeabilidade elevada, alta capacidade de troca catiônica e alta atividade microbológica. As características físicas como uniformidade, porosidade, condutividade hidráulica também são fatores influenciáveis no tratamento (SILVA, 2007).

Fatores abióticos como temperatura, alcalinidade, pH, ciclo hidrológico, substrato utilizado e o oxigênio dissolvido são de suma importância pois ajudam a degradar os poluentes presentes nas águas residuárias (MENDONÇA, 2011). Outro fator relevante é o manejo e operação dos SACs, pois caso a temperatura venha diminuir, a eficiência do sistema também diminui (MENDONÇA, 2011).

Os micro-organismos presentes nos SACs como fungos, bactérias e algas, operam sobre outros micro-organismos assistentes nas águas residuárias, além de decompor a matéria orgânica e ativar os processos biogeoquímicos, desempenham um papel ativo na depuração das águas residuárias (SILVA, 2007).

A resolução nº 430/11 e a 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) trata das condições e padrões de lançamento de efluentes onde as condições estão: pH entre 5 e 9 e temperatura inferior a 40°C para rios Classe 2.

Na tabela abaixo adaptada de Silva (2007) observa-se algumas vantagens dos sistemas de alagados construídos encontrados nas literaturas:

**Quadro 1**– Vantagens e desvantagens dos sistemas de alagados construídos

<b>VANTAGENS</b>	<b>Referências</b>
Remoção de DQO, bactérias e nutrientes	Matos <i>et al.</i> (2009)
Simplicidade de operação e auto sustentabilidade dos SACs	JESUS; WINCKLER, 2015
Custos de construção e operação relativamente baixos	MATOS <i>et al.</i> , 2009; MATOS; FREITAS; LO MONACO; 2010; MATO; FREITAS; LO MONACO; 2009; MENDONÇA, 2011
Diminuição da carga poluidora	MATOS <i>et al.</i> , 2009; MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2010; MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2009
Sistema radicular aumenta a vida útil das unidades amostrais	MATOS <i>et al.</i> , 2015
Plantas cultivadas extraem macronutrientes e micronutrientes das águas residuárias	MATOS; FREITAS; LO MONACO, 2009
Potencial de diminuição da carga poluidora da água residuária	MATOS <i>et al.</i> , 2009
<b>DESVANTAGENS</b>	<b>Referências</b>
Controle da temperatura	MENDONÇA, 2011
Baixa nitrificação, devido à capacidade limitada de transferência de oxigênio em SACs de fluxos horizontais	OLIJNYK, 2008

**Fonte:** adaptada de SILVA, 2007.

Diante deste contexto, os sistemas de alagados construídos apresentam diversas vantagens sendo uma alternativa de baixo custo para pequenos agricultores, sendo esses fatores somados contribuem de forma eficiente no tratamento das águas residuárias viabilizando a sua reutilização.

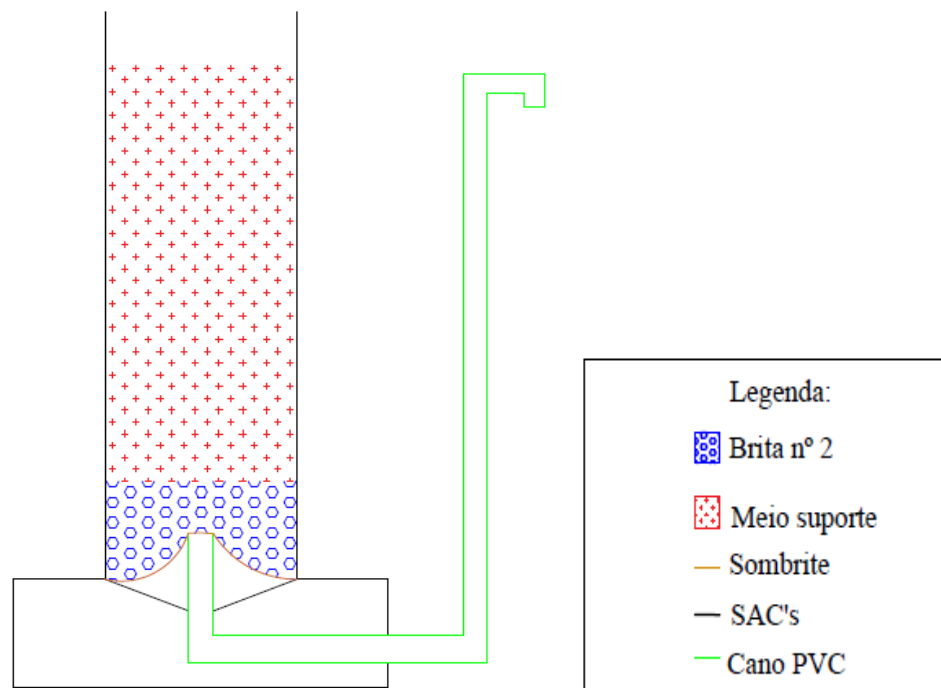


### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação aberta lateralmente, na Fazenda Experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro da Universidade Federal de Minas Gerais campus Montes Claros, coordenadas de latitude 16°40'34.95"S e longitude 43°50'29.44"O.

Na primeira fase do experimento foi realizada a montagem dos alagados construídos e a segunda englobou a coleta de dados e análises. Para a montagem das unidades experimentais foram construídos doze suportes de tudo PVC de 200 mm alocados com um sistema de drenagem de água residuária foi constituído por um tubo de 20 mm localizado no fundo dos leitos indo até uma altura de 20 cm acima da base do leito (FIGURA 1).

**Figura 1-** Corte transversal do sistema de alagados construídos (SACs)



**Fonte:** Da autora, 2017.

Os sistemas de alagados construídos (SACs) foram construídos da seguinte maneira: meio suporte brita zero e areia grossa. Foram montados 12 SACs sendo 6 deles com meio suporte areia e 6 deles com meio suporte brita zero sendo cada tratamento com

três repetições com e sem o capim tifton 85. A água residuária da suinocultura era colocada pela parte superior dos SACs utilizando regadores.

A espécie escolhida foi o capim tifton - 85 (*Cynodon dactylon* Pers.) (FIGURA 3) que apresentam boas características de produção e elevada capacidade de crescimento chegando até um metro de altura (MATOS; ABRAHÃO; PEREIRA, 2008).

**Figura 2**– Tifton – 85 (*Cynodon dactylon* Pers.)



**Fonte:** Da autora, 2017.

Foi realizada a determinação do volume de poros em triplicata através do índice e vazios de acordo com Zanella (2008) onde colocou-se em uma proveta de um litro areia e após encheu-se com água. A diferença entre o volume de água colocadas na proveta foi o numero de vazios, repetiu-se esse experimento para brita.

As espécies foram plantadas e logo em seguida deixadas para adaptação ao meio durante aproximadamente 10 dias para formação de biofilmes adaptados ao meio.

**Tabela 1**- Índice de vazios do meio suporte dos SACs

Meio Suporte	Índice de vazios (%)
Brita zero	49,00
Areia	40,50

**Fonte:** Da autora, 2017.

A coleta para as análises foram realizadas quinzenalmente em frascos de vidros, os quais foram encaminhados ao laboratório de Tratamento de Resíduos no ICA/UFMG. Foram analisados potencial hidrogeniônico (pH) através do pHmetro digital, demanda

química de oxigênio (DQO), Turbidez, Condutividade elétrica (CE), Sólidos Totais, fixos e voláteis, conforme APHA (2015).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados onde todos os tratamentos receberam as mesmas condições sendo alocadas por sorteio. Para a avaliação das variáveis, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro- Wilk para a normalidade das amostras, de variância através do ANOVA a 5% de probabilidade e teste de médias TUKEY. O programa estatístico a ser utilizado foi o R.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Monitoramento de DQO**

Os resultados obtidos na análise temporal de DQO estão expressos na tabela 2.

**Tabela 2**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de DQO

Dias	Valores médios de DQO								
	Entrada (mg L <sup>-1</sup> )	Areia (mg L <sup>-1</sup> )	Eficiência (%)	AP (mg L <sup>-1</sup> )	Eficiência (%)	Brita (mg L <sup>-1</sup> )	Eficiência (%)	BP (mg L <sup>-1</sup> )	Eficiência (%)
10	467,15	340,63	27,08 AB	161,80	52,50 B	145,98	68,75 AB	142,34	69,53 A
18	1459,83	398,89	72,67 AB	255,77	35,88 B	409,05	71,97 AB	148,66	89,82 A
22	2453,13	404,17	83,52 AB	109,33	72,95 B	235,42	90,40 AB	80,67	96,71 A
26	2850,00	452,38	84,13 AB	279,76	38,16 B	229,76	91,94 AB	213,09	992,52 A

**Fonte:** Da autora, 2017.

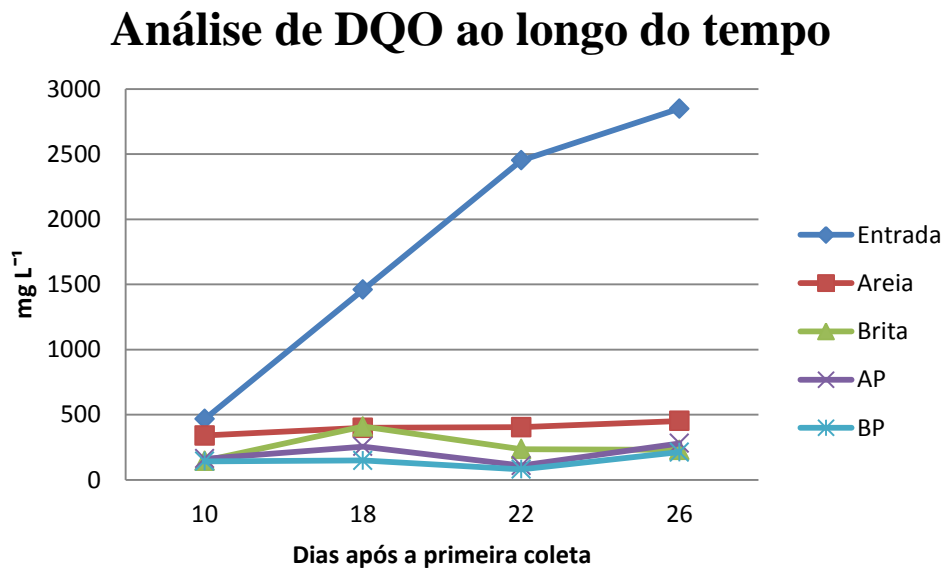
Legenda:

AP – areia + planta

BP – Brita + planta

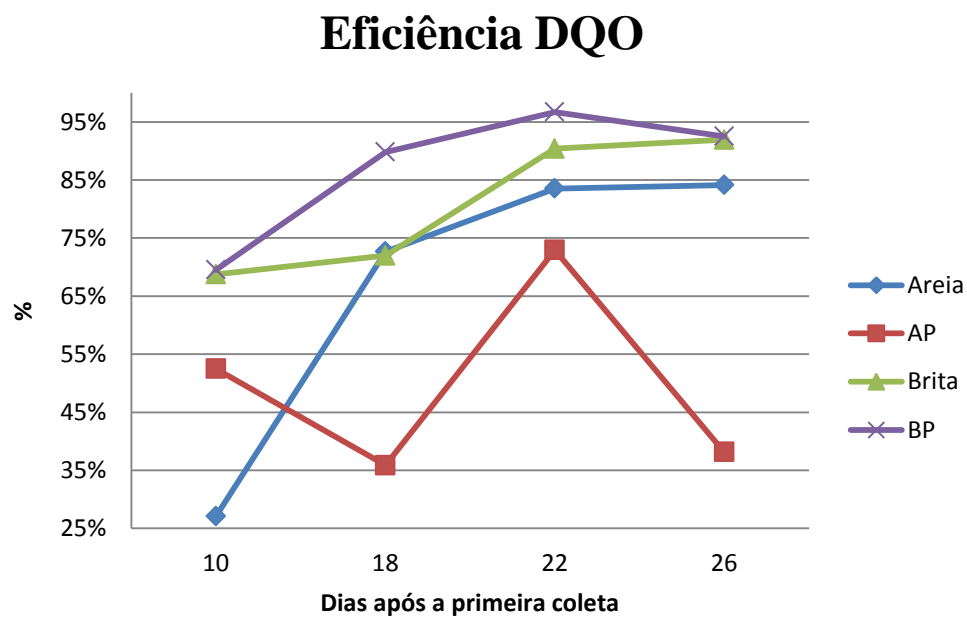
Os gráficos 1 e 2 demonstram as análises ao longo do tempo de DQO dos tratamentos areia, AP, brita e BP, e sucessivamente e eficiência dos tratamentos na remoção do DQO.

**Gráfico 1**– Análise de DQO ao longo do tempo



**Fonte:** Da autora, 2017.

**Gráfico 2**– Eficiência de DQO dos SACs



**Fonte:** Da autora, 2017.

De acordo com a tabela 2, pode-se observar a remoção de DQO nos tratamentos foram diferentes estatisticamente ( $\alpha = 5\%$ ), podendo destacar uma eficiência de 96% no substrato BP e 91% no substrato brita. A variação dos tratamentos é devido à limpeza das instalações no início da experimentação diluindo os resíduos postos posteriormente nos SACs (APÊNDICE A).

Rodrigues (2016) apresentou valores similares de remoção de DQO demonstrando boa eficiência chegando a 96,48 % e, Matos, Feiras e Lo Monaco (2010) apresentam resultados com eficiência de 91% na remoção de DQO.

Em relação da remoção de DQO, (MATOS *et al.*, 2010; FIA *et al.*, 2016) obtiveram resultados inferiores de eficiência em relação aos SACs cultivados ficando entre 88 e 90% para o primeiro trabalho e 79 e 82% para o segundo, o que pode ser observado nos resultados semelhantes encontrados nos SACs com o substrato areia + planta e areia.

O tratamento BP apresentou a maior média (87%) diferindo estatisticamente dos demais tratamentos e o tratamento AP apresentou a menor média chegando a 49% de remoção de DQO ( $\alpha = 5\%$ ) de acordo com o teste de Tukey podendo observar a eficiência na remoção de DQO apresentado no gráfico 2. Nos primeiros dias de avaliação a eficiência foi parcialmente baixa, pois o sistema se encontrava em fase de ajustamento, o mesmo foi identificado por FIA *et al.*, (2010) na fase I do seu experimento.

Em relação ao tifton-85 nos SACs apresentou influências significativas ( $\alpha = 5\%$ ) no tratamento BP, o que se diferencia dos resultados encontrados por MATOS *et al.*, (2009), podendo afirmar que a eficiência da remoção foi maior em SACs cultivados. Matos, Freitas e Lo Monaco (2010) verificaram uma menor colmatção dos poros nos SACs cultivados quando comparado aos não cultivados, o que pode ser observado também no presente trabalho.

A Deliberação Normativa COPAM/CERH N° 01 de 2008 vigente no Estado de Minas Gerais diz que um sistema de tratamento precisa apresentar eficiência de remoção de DQO mínima de 70%, os resultados apresentados nos gráficos 1 e 2 mostram que somente nos SACs com substrato AP ficaram abaixo do permitido não podendo assim serem lançados em corpos hídricos.

#### **4.2 Condutividade Elétrica**

No gráfico 3 são apresentados as variações médias da condutividade elétrica (CE) das amostras coletadas em SACs com diferentes substratos com e sem cultivo de tifton

85. Pode-se observar que as amostras do substrato de areia foram diferentes estatisticamente das demais, apresentando uma maior média e as amostras com substrato de AP apresentaram menor média no teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ) (APÊNDICE B).

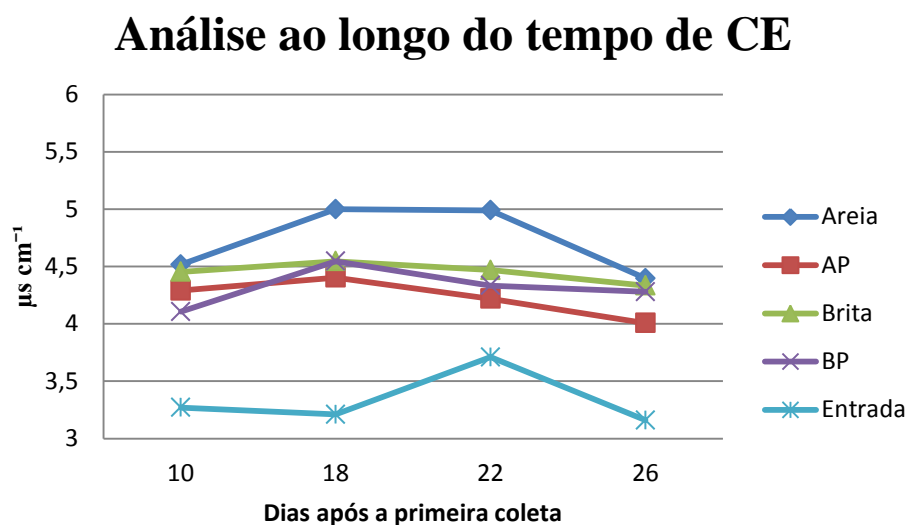
Observa-se também que a CE da entrada foi menor em comparação com os tratamentos, isso pode ser explicado devido uma baixa absorção de íons pelas partes radiculares das plantas FIA *et al.*, (2016) , e Matos *et al.*, (2009) encontraram resultados diferentes onde os efluentes dos SACs apresentaram valores inferiores aos dos afluentes, explicando que a recirculação da água residuária analisada deve ser baixa sendo que a medida que aumenta a recirculação dessa água utilizada na higienização do local, tende a ser mais salina e corrosiva podendo prejudicar os desempenhos dos SACs.

Fia *et al.*, (2016) obtiveram resultados semelhantes e explica que a degradação do material orgânico presente nas águas residuárias da suinocultura podem liberar íons para a solução podendo haver perdas de água por evapotranspiração aumentando assim a concentração iônica da água residente nos SACs.

**Tabela 3**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de CE

Dias	Análise ao longo do tempo de CE				
	Entrada	Areia	Areia + Planta	Brita	Brita + Planta
10	3,27	4,52 A	4,29 B	4,45 AB	4,11 AB
18	3,21	5,00 A	4,40 B	4,55 AB	4,55AB
22	3,71	4,99 A	4,22 B	4,47 AB	4,33 AB
26	3,16	4,39 A	4,01 B	4,33 AB	4,28 AB

Fonte: Do autor, 2017.

**Gráfico 3**– Análise ao longo do tempo de CE

**Fonte:** Da autora, 2017.

### 4.3 pH

Na tabela 4 são apresentados os valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) dos afluentes e efluentes dos SACs estudados. Houve diferenças estatísticas entre os tratamentos de BP que apresentaram maior média e AP que apresentaram a menor média, nos valores encontrados de pH para os tratamentos foram maiores do que da água residuária da suinocultura (GRÁFICO 4) (APÊNDICE C).

Houve uma pequena variação do pH médio do afluente apresentando valores entre 7,3 a 7,6 valores semelhantes dos encontrados por Matos *et al.*, (2009) onde em seu trabalho o valor máximo da entrada ficou aproximadamente 7.

Os valores médios de pH dos tratamentos encontrados no presente trabalho variaram de 8,25 no tratamento AP à 8,6 no tratamento BP estando dentro dos valores considerados ideais para lançamentos sendo entre 6 e 9 de acordo com CONAMA (2011). Fia *et al.*, (2010) explica que a elevação do pH nos SACs podem estar ligados a liberação de cátions pelo material suporte.

Matos *et al.* (2009) verificaram em seu trabalho no tratamento de águas residuárias da suinocultura cultivados com tifton 85 valores de pH entre 7,0 e 7,1. Apesar da elevação encontrada no pH médios dos tratamentos, os valores podem ser considerados bons



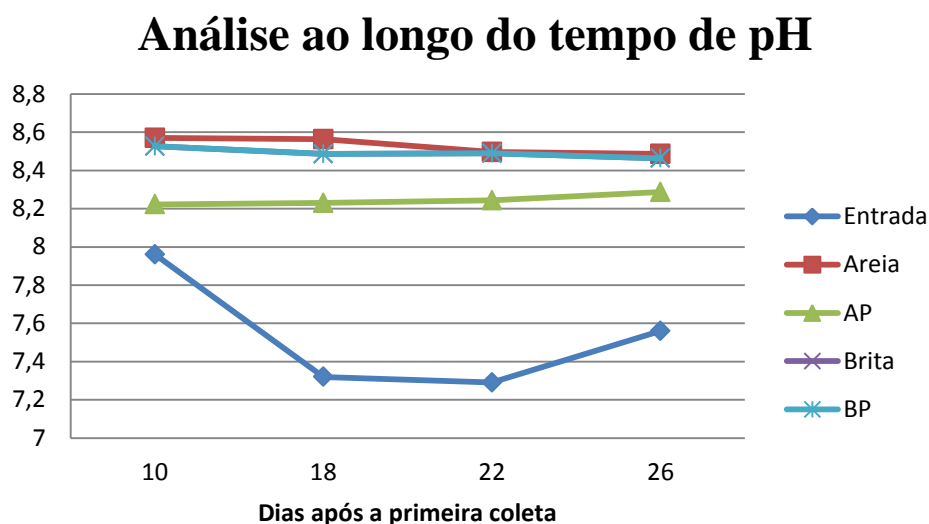
para o cultivo da espécie vegetal, sendo esta consideração observada também por Fia *et al.*, 2015.

**Tabela 4**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de pH

Análise ao longo do tempo de pH					
Dias	Entrada	Areia	Areia + Planta	Brita	Brita + Planta
10	7,7	8,6 AB	8,3 C	8,5 B	8,6 A
18	7,3	8,6 AB	8,2 C	8,5 B	8,5 A
22	7,3	8,5 AB	8,3 C	8,5 B	8,5 A
26	7,6	8,5 AB	8,3 C	8,5 B	8,6 A

**Fonte:** Do autor, 2017.

**Gráfico 4**– Análise ao longo do tempo de pH



**Fonte:** Do autor, 2017.

#### 4.4 Turbidez

A turbidez é um parâmetro descritivo das águas no qual representa o grau de interferência com a passagem da luz (VON SPERLING, 2005). Nos gráficos 5 e 6 são apresentados as séries temporais de turbidez e a eficiência dos tratamentos em SACs com substrato de areia, areia cultivada, brita e brita cultivada.

De acordo com a tabela 5, pode-se verificar que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas a ( $\alpha = 0,05$ ) (APÊNDICE D). Porém, a eficiência dos

SACs na turbidez é boa chegando até 94,87% no tratamento com areia cultivada. Monteiro (2009) em seu trabalho verificou uma eficiência média nas unidades experimentais de 92% na redução da turbidez sendo explicada através da efetividade da filtração dos SACs.

Freitas (2006) em seu trabalho de SACs cultivados com taboa (*Typha latifolia* L.), *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. e capim tifton – 85 (*Cynodon dactyylon* Pers.) não observou tendência clara de alteração de turbidez ficando seus efluentes em torno de 20 NTU, contradizendo o presente trabalho, pois as amostras dos SACs apresentaram menores médias em comparação aos afluentes.

Além disso, o capim tifton 85 cultivado não apresentou diferença na remoção da turbidez, visto também por FREITAS (2006).

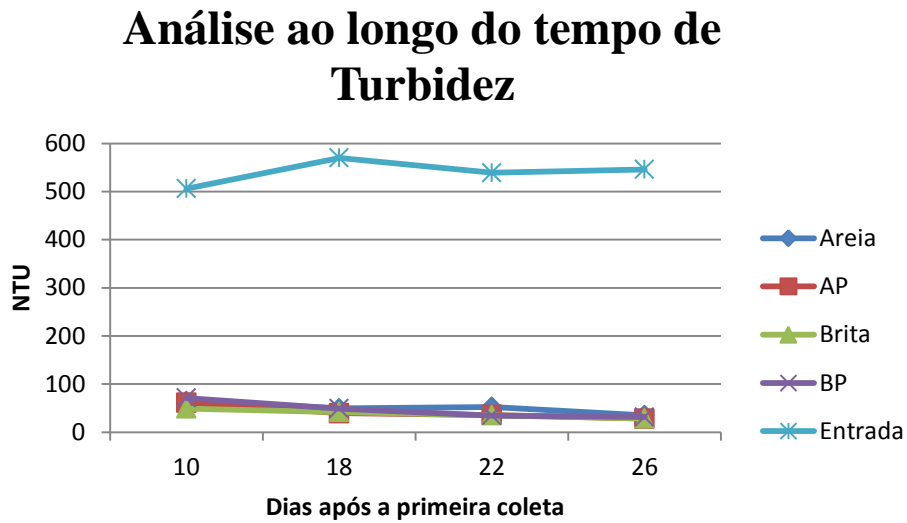
**Tabela 5**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de turbidez

Dias	Entrada	Areia	Análise ao longo do tempo de Turbidez (NTU)						
			Eficiência	AP	Eficiência	Brita	Eficiência	BP	Eficiência
10	506,0	64,7	87,22 A	61,3	87,87 A	49,0	90,31 A	71,0	85,96 A
18	570,0	49,3	91,34 A	39,3	93,09 A	41,7	92,69 A	49,0	91,40 A
22	539,0	52,3	90,29 A	35,7	93,38 A	35,0	93,50 A	34,3	93,63 A
26	546,0	35,0	93,58 A	28,0	94,87 A	28,3	94,81 A	31,3	94,26 A

Eficiência (%)

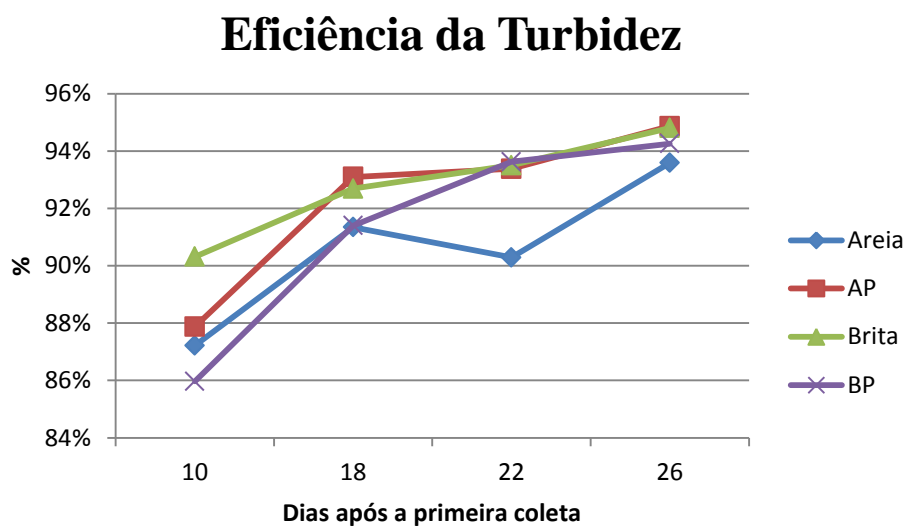
**Fonte:** Da autora, 2017.

Gráfico 5– Análise ao longo do tempo de Turbidez



Fonte: Da autora, 2017.

Gráfico 6– Eficiência de Turbidez dos SACs



Fonte: Da autora, 2017.

#### 4.5 Sólidos

Nas tabelas 6, 7 e 8 são apresentadas as séries temporais e eficiências dos sólidos totais (ST), sólidos fixos (SF) e sólidos voláteis (SV), respectivamente das amostras coletadas dos SACs com meio suporte de areia e brita, cultivados ou não.

As concentrações de ST não apresentaram diferenças estatísticas para ( $\alpha = 0.05$ ) sendo as eficiências variando de 27% nos SACs com areia de suporte até 67% nos SACs com meio suporte de brita e brita cultivada o Tifton 85 (APÊNDICE E).

Os melhores resultados de eficiência na remoção dos ST foram dos SACs com substratos de brita e BP chegando a 67,92 %, semelhante o que Salati, *et al.*, (2003) encontrou em seu trabalho onde os substratos mais eficientes foram de brita quando comparado com o bambu (GRÁFICOS 7 e 8).

A precipitação pluviométrica, as partículas existentes no material utilizado como meio suporte e a baixa remoção dos sólidos dissolvidos, podem ter influenciado nas concentrações dos sólidos totais (RODRIGUES, 2016). Freitas (2006) afirma que a variação dos sólidos totais é devido a instabilidade dos afluentes.

Para os SF as variações médias de eficiência ficaram entre 13,63 % e 54,54 %, destacando o substrato brita por apresentar a maior eficiência mesmo que não significativa a ( $\alpha = 0.05$ ) e a menor média com areia. Segundo Monteiro (2009), o aumento dos sólidos fixos é esperado, referido especialmente ao aumento de sais minerais.(GRÁFICOS 9 e10) (APÊNDICE F).

Os SV as variações não apresentaram diferenças significativas ( $\alpha = 0.05$ ) apresentando médias pouco variáveis ao longo das análises, ficando as variações de eficiência com a maior média 84,52% e a menor média 39,58% (GRÁFICOS 11 e 12) (APÊNDICE G).

Por mais que não houve diferenças entre os tratamentos, evidencia-se que as maiores eficiências foram na presença da cultivar Tifton 85, o que Queiroz *et al.* (2004) também observaram em seu experimento sendo uma cultivar importante para aumentar a remoção de nutrientes no meio de cultivo.

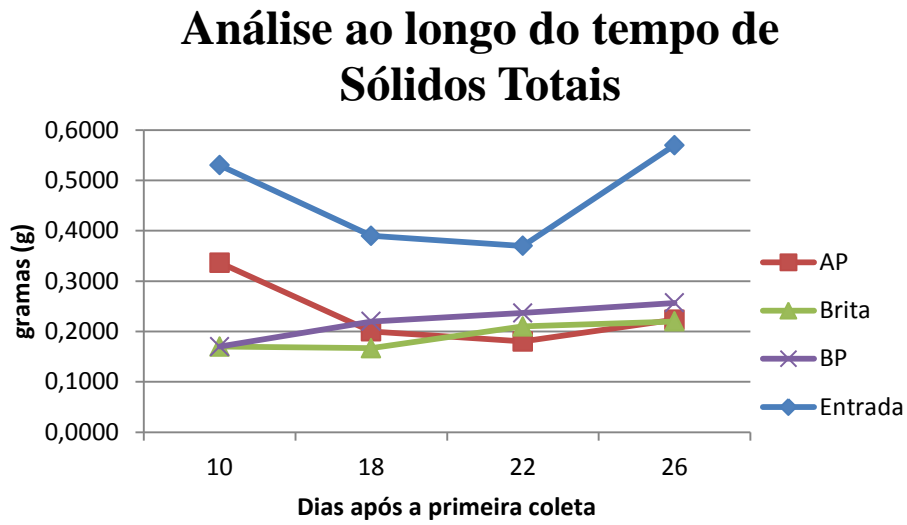
**Tabela 6**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de Sólidos Totais

<b>Análise ao longo do tempo Sólidos Totais (g)</b>									
Dias	Entrada	Areia	Eficiência	AP	Eficiência	Brita	Eficiência	BP	Eficiência
10	0,5300	0,1833	65,40 A	0,3367	36,47 A	0,1700	67,92 A	0,1700	67,92 A
18	0,3900	0,2000	48,71 A	0,2000	48,71 A	0,1667	57,26 A	0,2200	43,58 A
22	0,3700	0,2700	27,02 A	0,1800	51,35 A	0,2100	43,24 A	0,2367	36,03 A
26	0,5700	0,2300	59,64 A	0,2233	60,81 A	0,2200	61,40 A	0,2567	54,97 A

Eficiência (%)

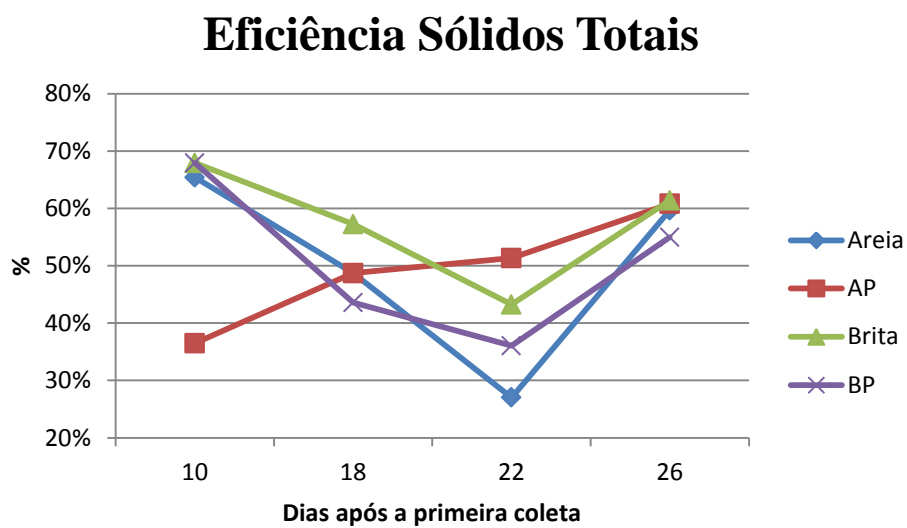
**Fonte:** Da autora, 2017.

Gráfico 7– Análise ao longo do tempo de Sólidos Totais



Fonte: Da autora, 2017.

Gráfico 8 – Eficiência de Sólidos Totais dos SACs



Fonte: Da autora, 2017.

**Tabela 7**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de Sólidos Fixos

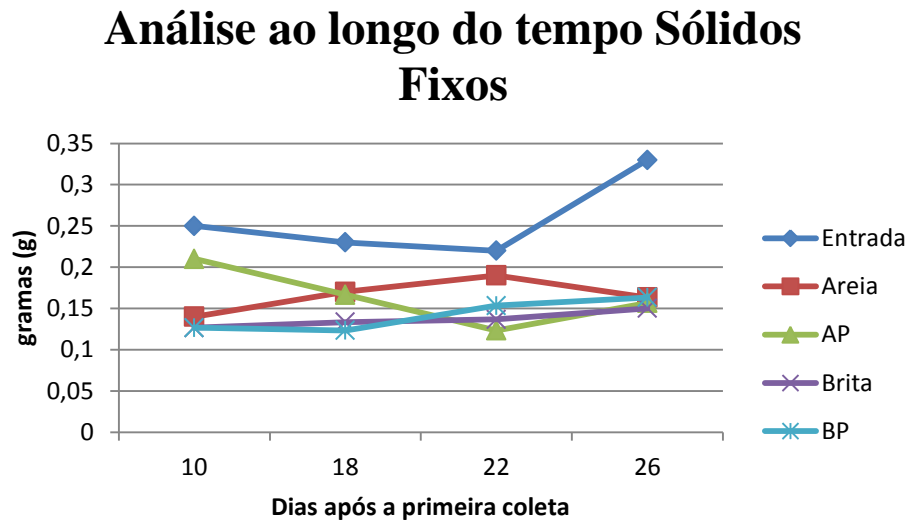
<b>Série Temporal Sólidos Fixos (g)</b>									
Dias	Entrada	Areia	Eficiência	AP	Eficiência	Brita	Eficiência	BP	Eficiência
10	0,2500	0,1400	44,00 A	0,2100	16,00 A	0,1267	49,33 A	0,1267	49,33 A
18	0,2300	0,1700	26,08 A	0,1667	27,53A	0,1333	42,02 A	0,1233	46,37 A
22	0,2200	0,1900	13,63 A	0,1233	43,93 A	0,1367	37,87 A	0,1533	30,30 A
26	0,3300	0,1633	50,50 A	0,1567	52,52 A	0,1500	54,54 A	0,1633	50,50 A

Eficiência (%)

**Fonte:** Da autora, 2017.

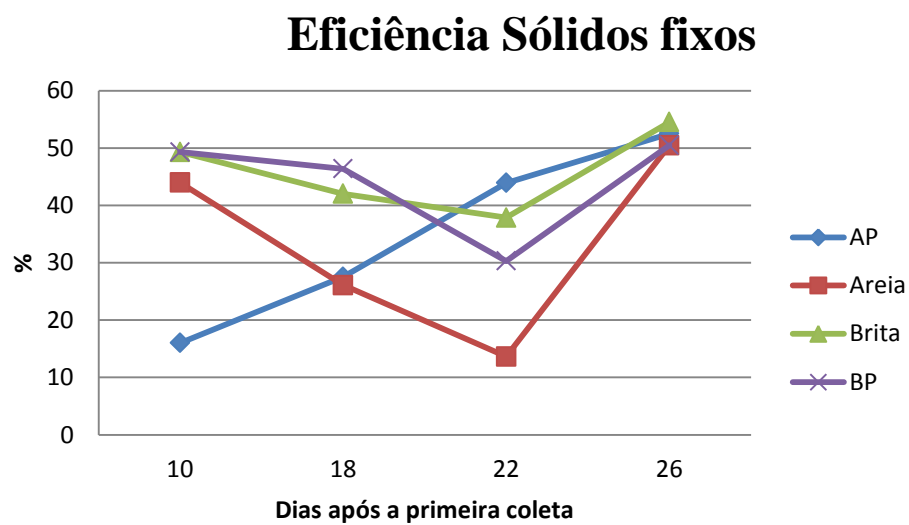


Gráfico 9– Análise ao longo do tempo de Sólidos Fixos



Fonte: Da autora, 2017.

Gráfico 10- Eficiência de Sólidos Fixos dos SACs



Fonte: Da autora, 2017.

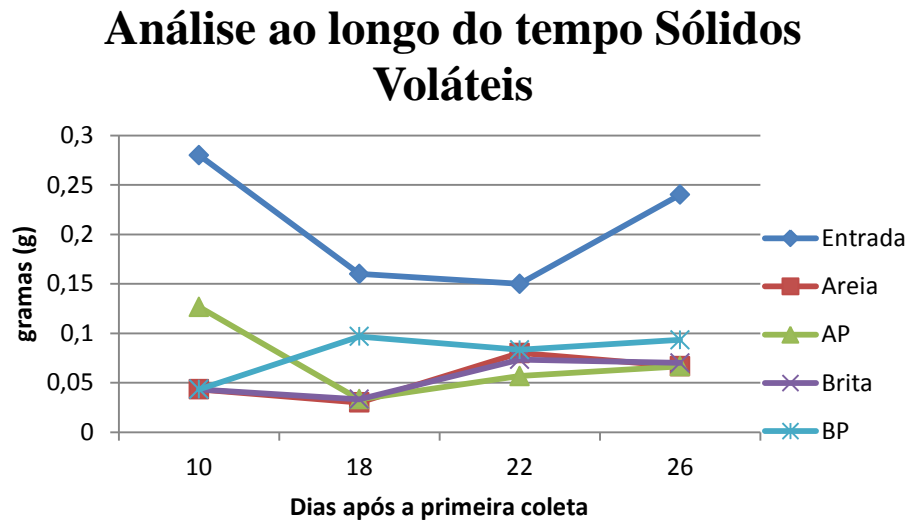
**Tabela 8**– Análise ao longo do tempo com valores médios e eficiência de Sólidos Voláteis

Análise ao longo do tempo Sólidos Voláteis (g)									
Dias	Entrada	Areia	Eficiência	AP	Eficiência	Brita	Eficiência	BP	Eficiência
10	0,2800	0,0433	84,52 A	0,1267	54,76 A	0,0433	84,52 A	0,0433	84,52 A
18	0,1600	0,0300	81,25 A	0,0333	79,17 A	0,0333	79,17 A	0,0967	39,58 A
22	0,1500	0,0800	46,67 A	0,0567	62,22 A	0,0733	51,11 A	0,0833	44,44 A
26	0,2400	0,0667	72,22 A	0,0667	72,22 A	0,0700	70,83 A	0,0933	61,11 A

Eficiência (%)

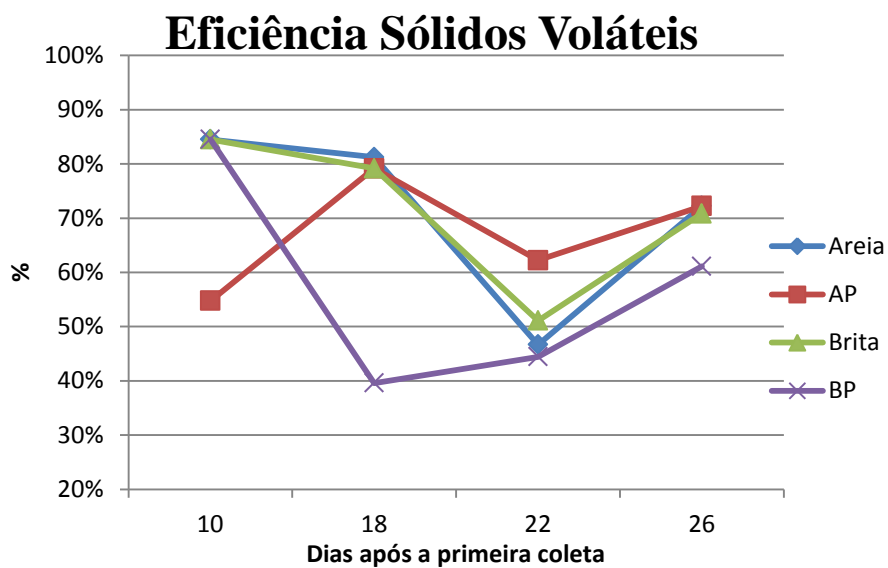
**Fonte:** Da autora, 2017.

Gráfico 11– Análise ao longo do tempo de Sólidos Voláteis



Fonte: Da autora, 2017.

Gráfico 12- Eficiência de Sólidos Voláteis dos SACs



Fonte: Da autora, 2017.

#### 4.6 Produtividade do capim tifton 85

Na tabela 9 é apresentada a produtividade em matéria seca do capim tifton 85 nos SACs com meio suporte brita e areia. Pode-se observar que o capim tifton 85 desenvolveu mais no substrato areia obtendo maior produtividade.

A produtividade encontrada no presente trabalho foi de 6,17 t ha<sup>-1</sup> para a maior média da areia e 1,34 t ha<sup>-1</sup> para a maior média do substrato brita.

Tabela 9— Produtividade do Tifton 85

	Produtividade Tifton 85					
	AP1	AP2	AP3	BP1	BP2	BP3
Peso Úmido	84,1940	5,7314	16,4525	19,2065	0,6417	-
Peso Seco	19,3765	1,0397	3,9688	4,2061	0,0549	-
						-
kg ha <sup>-1</sup>	6167,73	330,947	1263,31	1338,8432	17,4752	-
t ha <sup>-1</sup>	6,17	0,33	1,26	1,34	0,02	-

**Fonte :** Da autora, 2017.

Queiroz *et al.*, (2004) , em seu trabalho obteve resultados diferentes com produtividade de 17,7 t ha<sup>-1</sup> no tifton 85 cultivado em água residuária da suinocultura, já Matos, Abrahão e Pereira (2008) em seu trabalho verificando o desempenho agrônômico de capim tifton 85 em SACs utilizados no tratamento de água residuária de laticínios, obtiveram resultados de produtividade de 15,4 t ha<sup>-1</sup>.

Observa-se que a produtividade do capim tifton 85 foi baixa quando comparada aos autores, isso pode ser explicado devido ao pouco tempo de cultivo do presente trabalho sendo de aproximadamente 25 dias sendo o trabalho de Queiroz *et al.*, com duração de aproximadamente 4 meses. A parcela BP3 pode-se considerar como perdida, pois o capim não resistiu.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que houve boa eficiência nos SACs cultivados com tifton 85 no tratamento de águas residuárias da suinocultura, pois observa-se uma maior remoção de DQO no SACs com meio suporte brita + planta, porém o tifton 85 se desenvolveu melhor nos SACs com meio suporte areia.

Os valores médios de pH encontraram-se dentro das condições padrões e a remoção da turbidez apresenta boa eficiência principalmente nos SACs com meio suporte areia + planta.

Diante disso, recomenda-se o uso dos SACs com a cultivar tifton 85 com meio suporte areia, pois mesmo não apresentando a maior eficiência na remoção de DQO e apresentando valor inferior de eficiência quando comparado com o SACs de meio suporte brita + planta, os SACs cultivados com substrato areia apresentam uma maior eficiência turbidez, além de uma maior produção do capim tifton 85 sendo este nutritivo para alimentação animal.



## REFERÊNCIAS

- APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). 2015. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: Estados Unidos, 1496p.
- BRASIL, M. S.; MATOS, A. T.; SOAREZ, A. A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*Thypha sp.*) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 12, n. 3, p. 266-272, 2007.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente -RESOLUÇÃO N ° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 -Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente - RESOLUÇÃO N ° 430, DE 13 DE MAIO DE 2011 - Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n ° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 14 nov. 2017.
- COSTA, J. F. da. **Remoção de poluentes em um sistema de alagados construídos atuando como pós tratamento de efluente de reator UASB e de filtro biológico percolador**. 2013. 193 f. Dissertação (Doutorado em saneamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- FIA, R. et al. Desempenho de sistemas alagados no tratamento de águas residuárias do processamento dos frutos do cafeeiro. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina grande, v. 4, n. 12, p. 1323–1329, set. 2010.
- FIA, FÁTIMA RESENDE LUIZ *et al.* Effect of vegetation in constructed wetlands treating swine wastewater. **Eng. Sanit. Ambient.** [online]. 2017, vol.22, n.2, pp.303-311. Epub Nov 21, 2016. Disponível em:< <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522016123972>>. Acesso em: 16 nov. 2017.
- FREITAS, Wallisson da Silva. **Desempenho de Sistemas Alagados construídos, cultivados com diferentes espécies vegetais, no tratamento de águas residuárias da suinocultura**. 2006. 169p. Tese (Doutorado) – Pós- Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- JESUS, Bruna Meira de; WINCKLER, Vanessa Leal. **Avaliação de um sistema de wetlands construído no pós-tratamento de efluente de frigorífico**. 2015. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; PEREIRA, O. G. Desempenho agrônomico de capim tifton 85 (*Cynodon spp*) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambi-Água**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.
- MATOS, M.P.; VON SPERLING, M.; MATOS, A.T.; PASSOS, R.G. (2015).

Uso de traçador salino para avaliação da colmatação e das condições hidrodinâmicas em sistemas alagados construídos de escoamento horizontal subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 6, p. 1137-1148. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n6p1137-1148/2015>

Matos, A. T.; Freitas, W. S.; Fia, R.; Matos, M. P. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.383-391, 2009<sup>a</sup>

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; LO MONACO, P. A. V. Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 119-132, 2010.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; LO MONACO, P. A. V. Capacidade extratora de diferentes espécies vegetais cultivadas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 31-45, 2009. (doi:10.4136/ambi-agua.84)

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; BRASIL, M.S.; BORGES, A.C. (2010b). Influência da espécie vegetal cultivada nas condições redox de sistemas alagados construídos. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 3, p. 518-526.

MENDONÇA, HENRIQUE VIEIRA DE. **Avaliação da eficiência de sistemas alagados construídos em operação por bateladas no tratamento de efluentes da indústria de laticínios**. – 2011. 113 f. : il. Dissertação (Mestrado em Ecologia)—Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011.

MONTEIRO, RODRIGO CESAR DE MORAES. **Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo “wetlands” para tratamento de água cinza visando o reuso não potável**.2009. 84f : il. Dissertação (Mestrado Engenharia hidráulica e sanitária) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, M.A.; PEREIRA, O.G.; GOMIDE, J.A. *et al.*, Análise de crescimento do capim-bermuda ‘Tifton 85’ (*Cynodon spp*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1930-1938, 2000 (supl.1).

OLIJNYK, D. P. **Avaliação da nitrificação e desnitrificação de esgoto doméstico empregando filtros plantados com macrófitas (wetlands) de fluxos vertical e horizontal – sistemas híbridos**. 2008. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A.; LEMOS, A. L. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 77-90, 2004.

RESENDE LUIZ FIA, FÁTIMA; TEIXEIRA DE MATOS, ANTONIO; FIA, RONALDO; CARRARO BORGES, ALISSON; ABREU, EDGAR C. Influência da carga de nutrientes e da espécie cultivada na remoção de K, Na, Cu e Zn da água residuária da suinocultura tratada



em sistemas alagados construídos - **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, vol. 10, n. 3, p. 542-553, set. 2015.

RODRIGUES, M. V. C. **Wetland construído de fluxo vertical empregado no tratamento de esgoto de um restaurante universitário**. 2016. 97 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

SALATI, E., *et al.*, 2003. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. São Paulo, *Biológico* 65 (1-2), 113-116.

SALATI, E. FILHO; MANFRINATO, E. S. & SALATI, E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. Piracicaba, 2009.

SILVA, S. C. (2007). **“Wetlands Construídos” de Fluxo Vertical com Meio Suporte de Solo Natural Modificado no Tratamento de Esgotos Domésticos**. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.TD-003/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 205p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**- 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.28p.

ZANELLA, L., **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitário: wetlands-construídos utilizando brita e bambu como suporte**. 2008. 189p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

## APÊNDICE A

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de DQO

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "DQO.txt", sep = "", header = T)
> attach(dados)
> library("ExpDes.pt", lib.loc=~R/win-library/3.4")
> dic(subs, prod, quali = TRUE, mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
> dados
  subs  prod  log
1  a 27.08333 1.432702
2  a 72.67552 1.861388
3  a 83.52442 1.921813
4  a 84.12698 1.924935
5 ap 52.50000 1.720159
6 ap 35.87963 1.554848
7 ap 72.94845 1.863016
8 ap 38.15789 1.581584
9  b 68.75000 1.837273
10 b 71.97976 1.857210
11 b 90.40340 1.956185
12 b 91.93818 1.963496
13 bp 69.53125 1.842180
14 bp 89.81657 1.953356
15 bp 96.71168 1.985479
16 bp 92.52297 1.966250
```

---

Quadro da análise de variância

---

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	3278.4	1092.81	3.3272	0.056515
Resíduo	12	3941.4	328.45		
Total	15	7219.8			

---

CV = 25.47 %

---

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.9057859

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância, os resíduos podem ser considerados normais.

---

Teste de Tukey

Grupos	Tratamentos	Médias
a	bp	87.14562
ab	b	80.76783
ab	a	66.85256
b	ap	49.87149

---

## APÊNDICE B

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de CE

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "CE.txt", sep = "", header = T)
> attach(dados)
> library("ExpDes.pt", lib.loc=~R/win-library/3.4")
> dados
  subs prod  log
1   a 4.516667 0.6548181
2   a 5.000000 0.6989700
3   a 4.990000 0.6981005
4   a 4.396667 0.6431236
5  ap 4.290000 0.6324573
6  ap 4.403333 0.6437815
7  ap 4.220000 0.6253125
8  ap 4.006667 0.6027832
9   b 4.453333 0.6486852
10  b 4.546667 0.6576931
11  b 4.470000 0.6503075
12  b 4.333333 4.1066667
13 bp 4.106667 4.5466667
14 bp 4.546667 4.3333333
15 bp 4.333333 4.2800000
16 bp 4.280000 0.6314438
> dic (subs, prod, quali = TRUE, mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

-----  
 Quadro da análise de variância  
 -----

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	0.56317	0.187724	4.4815	0.024878
Residuo	12	0.50266	0.041888		
Total	15	1.06583			

-----

CV = 4.62 %  
 -----

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.5837705

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os resíduos podem ser considerados normais.  
 -----

Teste de Tukey  
 -----

Grupos Tratamentos Medias

a	a	4.725834
ab	b	4.450833
ab	bp	4.316667
b	ap	4.23

---

## APÊNDICE C

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de pH

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "pH.txt", sep = "", header = T)
> attach(dados)
> dados
  subs  prod   log
1   a 8.570000 0.9329808
2   a 8.563333 0.9326429
3   a 8.496667 0.9292486
4   a 8.486667 0.9287371
5  ap 8.222780 0.9150187
6  ap 8.230000 0.9153998
7  ap 8.243333 0.9161029
8  ap 8.286667 0.9183799
9   b 8.526667 0.9307793
10  b 8.486667 0.9287371
11  b 8.490000 0.9289077
12  b 8.463333 0.9275414
13 bp 8.560000 0.9324738
14 bp 8.536667 0.9312883
15 bp 8.546667 0.9317968
16 bp 8.606667 0.9348350
> library("ExpDes.pt", lib.loc="~/R/win-library/3.4")
> dic (subs, prod, quali = TRUE, mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

-----  
 Quadro da análise de variância  
 -----

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	0.248758	0.082919	76.053	4.4653e-08
Residuo	12	0.013083	0.001090		
Total	15	0.261842			

-----

CV = 0.39 %  
 -----

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.0504563

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os resíduos podem ser considerados normais.  
 -----

Teste de Tukey  
 -----

Grupos Tratamentos Medias

a	bp	8.5625
ab	a	8.529167
b	b	8.491667
c	ap	8.245695

---

## APÊNDICE D

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de turbidez

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "Turbidez.txt", sep = "", header = T)
> library("ExpDes.pt", lib.loc="~/R/win-library/3.4")
> attach(dados)
> dados
  subs  prod  log
1   a 87.22003 1.940616
2   a 91.34503 1.960685
3   a 90.29066 1.955643
4   a 93.58974 1.971228
5  ap 87.87879 1.943884
6  ap 93.09942 1.968947
7  ap 93.38281 1.970267
8  ap 94.87179 1.977137
9   b 90.31621 1.955766
10  b 92.69006 1.967033
11  b 93.50649 1.970842
12  b 94.81074 1.976858
13 bp 85.96838 1.934339
14 bp 91.40351 1.960963
15 bp 93.63018 1.971416
16 bp 94.26129 1.974333
> dic (subs, prod, quali = TRUE, mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

-----  
 Quadro da análise de variância  
 -----

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	11.855	3.9517	0.46336	0.71311
Residuo	12	102.340	8.5283		
Total	15	114.195			

-----

CV = 3.18 %  
 -----

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.06718456

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os resíduos podem ser considerados normais.

-----

De acordo com o teste F, as medias nao podem ser consideradas diferentes.

	Niveis	Medias
1	a	90.61137
2	ap	92.30820
3	b	92.83087
4	bp	91.31584

---

## APÊNDICE E

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de sólidos totais

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "ST1.txt", sep = "", header = T)
> attach(dados)
> dados
  subs  prod
1   a 65.40881
2   a 48.71795
3   a 27.02703
4   a 59.64912
5  ap 36.47799
6  ap 48.71795
7  ap 51.35135
8  ap 60.81871
9   b 67.92453
10  b 57.26496
11  b 43.24324
12  b 61.40351
13 bp 67.92453
14 bp 43.58974
15 bp 36.03604
16 bp 54.97076
> library("ExpDes.pt", lib.loc="~/R/win-library/3.4")
> dic (subs, prod, quali = TRUE, mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

-----  
 Quadro da análise de variância  
 -----

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	167.79	55.931	0.32438	0.80775
Residuo	12	2069.11	172.425		
Total	15	2236.90			

-----

CV = 25.3 %  
 -----

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.6481535

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os resíduos podem ser considerados normais.  
 -----

De acordo com o teste F, as medias nao podem ser consideradas diferentes.

	Niveis	Medias
1	a	50.20073
2	ap	49.34150
3	b	57.45906
4	bp	50.63027

---

## APÊNDICE F

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de sólidos fixos

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "SF1.txt", sep = "", header = T)
> attach(dados)
> dados
  subs  prod
1   a 44.00000
2   a 26.08696
3   a 13.63636
4   a 50.50505
5  ap 16.00000
6  ap 27.53623
7  ap 43.93939
8  ap 52.52525
9   b 49.33333
10  b 42.02899
11  b 37.87879
12  b 54.54545
13 bp 49.33333
14 bp 46.37681
15 bp 30.30303
16 bp 50.50505
> library("ExpDes.pt", lib.loc="~/R/win-library/3.4")
> dic (subs, prod, quali = TRUE , mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

-----  
 Quadro da análise de variância  
 -----

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	473.83	157.94	0.91013	0.465
Residuo	12	2082.48	173.54		
Total	15	2556.31			

-----

CV = 33.22 %  
 -----

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.4773056

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os resíduos podem ser considerados normais.  
 -----

De acordo com o teste F, as medias nao podem ser consideradas diferentes.

	Niveis	Medias
1	a	33.55709
2	ap	35.00022
3	b	45.94664
4	bp	44.12956

---

## APÊNDICE G

Estatística realizada para o cálculo da Eficiência de sólidos voláteis

```
> setwd("/Users/Maria Fernanda/Desktop")
> dados= read.table(file = "SV.txt", sep = "", header = T)
> library("ExpDes.pt", lib.loc="~/R/win-library/3.4")
> attach(dados)
> dados
  subs  prod
1   a 0.00000
2   a 25.00000
3   a 46.66667
4   a 72.22222
5  ap 0.00000
6  ap 16.66667
7  ap 62.22222
8  ap 72.22222
9   b 0.00000
10  b 41.66667
11  b 51.11111
12  b 70.83333
13 bp 0.00000
14 bp 0.00000
15 bp 44.44444
16 bp 61.11111
> dic ( subs, prod, quali = TRUE, mcomp = "tukey", sigT = 0.05, sigF = 0.05)
```

-----  
 Quadro da análise de variância  
 -----

	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	3	469.5	156.51	0.15525	0.92429
Residuo	12	12097.7	1008.14		
Total	15	12567.2			

-----

CV = 90.05 %  
 -----

Teste de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk)

p-valor: 0.07792951

De acordo com o teste de Shapiro-Wilk a 5% de significancia, os resíduos podem ser considerados normais.

-----

De acordo com o teste F, as medias nao podem ser consideradas diferentes.

	Niveis	Medias
1	a	35.97222
2	ap	37.77778
3	b	40.90278
4	bp	26.38889

---