



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

THAINÁ COELHO PRUDENCIO

**APROVEITAMENTO DE EFLUENTE DO CEULP/ULBRA NO CAPIM
*BRACHIARIA BRIZANTHA CV MARANDU.***

**Palmas
2016**



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607, de 17/10/05, D.O.U. nº 202, de 20/10/2005
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

THAINÁ COELHO PRUDENCIO

APROVEITAMENTO DE EFLUENTE DO CEULP/ULBRA NO CAPIM *BRACHIARIA BRIZANTHA CV MARANDU.*

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção de título de Engenheira Civil, orientado pelo Professor Mestre José Geraldo Delvaux Silva.

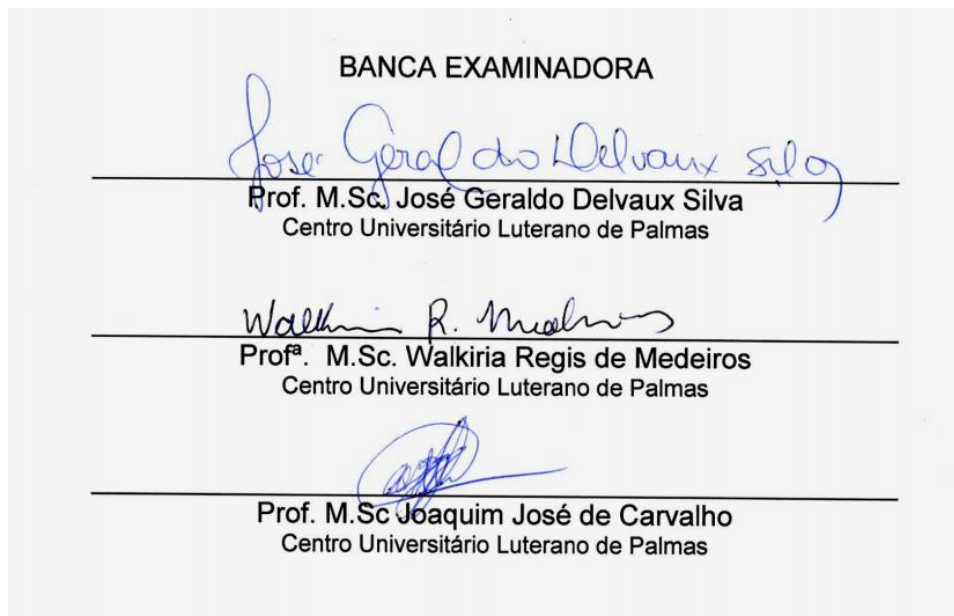
**Palmas
2016**

THAINÁ COELHO PRUDENCIO

**APROVEITAMENTO DE EFLUENTE DO CEULP/ULBRA NO CAPIM
BRACHIARIA BRIZANTHA CV MARANDU.**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção de título de Engenheira Civil, orientado pelo Professor Mestre José Geraldo Delvaux Silva.

Aprovada em 03 de junho de 2016.



Palmas
2016

Dedico aos meus maiores incentivadores, minha mãe, meu avô e minha avó, fonte da minha força e garra para seguir em frente.

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por ter me guiado e me concedido saúde e persistência para concluir esta missão, com muita dedicação superar as dificuldades ao longo do curso.

A minha mãe Eliane Coelho, fonte da minha inspiração e força para lutar por meus objetivos. Meus avós, Nerivaldo Gomes e Maria de Lourdes Gomes que sempre acreditaram no meu potencial e confiaram em mim para esta jornada.

Tenho muito a agradecer também a minha amiga Érika Moraes que me incentivou e cobrou durante todo este trajeto, até a conclusão deste trabalho, para que este fosse concluído com sucesso. Sem seu amor não teria chegado até aqui, obrigada por fazer parte da minha vida.

Ao meu querido orientador José Geraldo, que com sua experiência e dedicação se empenhou para que eu pudesse dar o meu melhor na construção deste trabalho, nas orientações não mediu esforços para contribuir positivamente.

Aos meus amigos Davi Fonseca, Marco Túlio Rodrigues, Raieno Camargo e Renato Rama, pelos longos dias de estudo intensos e pela troca de conhecimento e experiência. Vocês foram importantes nessa caminhada.

RESUMO

PRUDENCIO, T. C. **APROVEITAMENTO DE EFLUENTE DO CEULP/ULBRA NO CAPIM BRACHIARIA BRIZANTHA CV MARANDU**. 2016, Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP/ULBRA, Palmas – TO. Orientador: José Geraldo Delvaux Silva.

Os efluentes são uma das principais fontes poluidoras de grande parte dos cursos d'água. Utilizar essas águas residuárias como fonte de nutrientes para o solo é uma excelente alternativa para minimizar os problemas ambientais ocasionados pelo lançamento desses esgotos sanitários em corpos hídricos. A agricultura é uma atividade que consome bastante água, porém admite águas de qualidade inferior. Por consequência há o aumento da prática da fertirrigação utilizando o esgoto sanitário como fonte de nutrientes, com o objetivo de dar um destino apropriado a diversos tipos de efluentes líquidos. No entanto, esta prática deve acontecer com a adoção de técnicas que minimizem os riscos de contaminação do solo, do agricultor e das plantas. O objetivo deste trabalho é analisar a possibilidade de implantação de *Brachiaria brizantha cv Marandu*, utilizando águas residuárias de origem doméstica do CEULP/ULBRA, através de análises físicas, químicas do efluente. Para atingir esses objetivos considerou-se que no CEULP/ULBRA existem 6.800 acadêmicos/funcionários, e um consumo médio diário de 30 litros de água. Na análise do efluente buscou-se analisar os principais macronutrientes exigidos pela cultura. Utilizando todo o esgoto sanitário produzido em um ano é possível a implantação de 20,26 ha ou 202.600 m² de capim *Brachiaria Brizantha cv Marandu*. A utilização do efluente acarretará uma economia de 14.259 reais ao ano.

Palavras-chave: Efluente, *Brachiaria Brizantha cv Marandu*, reúso, CEULP/ULBRA, fertirrigação, economia.

ABSTRACT

PRUDENCIO , T. C. **UTILIZATION OF WASTEWATER OF CEULP / ULBRA IN GRASS BRACHIARIA BRIZANTHA CV MARANDU** . 2016 Work Completion of course (Diploma in Civil Engineering) Centro Universitário Luterano de Palmas CEULP / ULBRA , Palmas - TO . Advisor: José Geraldo Silva Delvaux.

The effluents are a major source of pollution for most watercourses. Using these wastewaters as a source of nutrients for the soil is an excellent alternative to minimize environmental problems caused by the release of these sewage into water bodies. Agriculture is an activity that consumes a lot of water, but it also admits the use of waters of inferior quality. Consequently there is an increase of the practice of fertigation by using the sewage as a source of nutrients, in order to give an appropriate disposition to various types of liquid effluents. However, this practice should take place taking into consideration the adoption of techniques that minimize the risk of soil, plants and farmer contamination. The objective of this study is to analyze the possibility of implantation of *Brachiaria brizantha Marandu* by using wastewater from domestic sources of CEULP / ULBRA through the effluent's physical and chemical analysis. To achieve these goals it taken into consideration that there are 6,800 academic / staff in CEULP / ULBRA and the average daily consumption of water is 30 liters. It sought to analyze, In the analysis of the effluent, the main macronutrients required by such culture. Using all the sewage produced in a full year period it is possible to implement 20.26 hectares or 202,600 m² of the grass *Brachiaria brizantha cv Marandu*. The use of the effluent will lead to a saving of 14,259 reais a year.

Key-words: Effluent, *Brachiaria brizantha cv Marandu* , Reuse, CEULP / ULBRA , fertigation , economy.

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Características físicas das águas residuárias domésticas.	20
Tabela 2 - Principais micro-organismos de interesse para a saúde pública.....	23
Tabela 3 - Características do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA.	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEULP - Centro Universitário Luterano de Palmas

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda química de oxigênio

DBO_u – Demanda última de oxigênio

COT – Método direto que consiste na medição do carbono orgânico total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Objetivos	8
1.1.1	Objetivo Geral	8
1.1.2	Objetivos Específicos	8
1.2	Justificativa	9
1.3	Problema	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1	Conceitos de reúso de água	11
2.2	Legislação sobre o reúso da água no Brasil	12
2.3	Histórico da prática de reúso	13
2.4	Aplicações da água de reúso	16
2.4.1	Reúso na irrigação	16
2.4.2	Reúso na indústria	17
2.5	Agricultura irrigada	18
2.6	Características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias domésticas	20
2.7	Capim <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	24
3	METODOLOGIA	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1	Análise características do efluente do CEULP/ULBRA	28
4.2	Risco de salinização	31
4.3	Risco de contaminação do lençol freático	31
4.4	Contaminação por coliformes	31
4.5	Nutrientes fornecidos pelo esgoto sanitário do CEULP/ULBRA	31
4.5.1	Nível de Nitrogênio	32
4.5.2	Nível de fósforo	32
4.5.3	Nível de potássio	32
4.6	Análise Econômica	33
4.6.1	Nitrogênio	33

4.6.2	Fósforo	34
4.6.3	Potássio	34
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	37
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a existência da vida, é de grande importância sabermos como ela se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para o outro. A água disponível existente na Terra é distribuída em 97% é água do mar, 2,2 % são geleiras e 0,8% são de água doce. Sendo que destes 0,8%, 97% são de águas subterrâneas e apenas 3% água superficial. (VON SPERLING, 2005, p.17).

A escassez de água hoje não está mais restrita apenas para as regiões áridas e semiáridas como há algum tempo. Com o aumento excessivo da população, a demanda por água cresceu significadamente e algumas regiões onde há grande quantidade de recursos hídricos já não consegue atender com eficiência a procura por água de qualidade (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

Todavia diariamente é consumida grande quantidade de água de forma indevida, tanto pela população que exagera, quanto pelas indústrias que utilizam grande quantidade e não reusam essas águas no processo industrial.

A fertirrigação é uma prática de emprego de nutrientes para plantas via água de irrigação. Do mesmo modo sendo a disposição final/tratamento para o aproveitamento dos nutrientes da água residuária, como nitrogênio, potássio e, principalmente, fósforo, que são importantíssimos no cultivo de solos pobres, como os que ocorrem na maior parte do Brasil (Lo Mônaco, 2005).

De acordo com Santos *et al.* (2006), o emprego de águas residuárias em solos agrícolas tem sido uma opção para minimizar problemas ambientais decorrentes do seu lançamento em cursos d'água, além de propiciar o desenvolvimento na produtividade agrícola. Segundo Matos (2007), o aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas exige a aplicação de técnicas e cuidados que possibilitem a minimização da contaminação do solo, do produto agrícola e dos agricultores.

O reúso de água não é uma prática nova, há muitos anos vem sendo utilizada em vários países, como na África do Sul, México e Israel, com a utilização na irrigação. No entanto, com a crescente demanda, a utilização de águas residuárias tem se tornado um tema atual e de grande importância. A utilização de águas residuárias é parte de uma prática de uso racional ou eficiente da água, o qual

abrange também o controle de desperdícios e perdas, a diminuição da produção de esgotos e o consumo de água (BRASIL, 2007). No entanto, no Brasil, a prática do reúso ainda não é regulamentada por lei, causando assim impactos negativos aos nossos mananciais de água.

Tendo em vista a importância da reutilização da água de reúso, este trabalho trata da análise econômica e aproveitamento do efluente do CEULP/ULBRA, visando minimizar os impactos ambientais causados pelo esgoto sanitário e a redução do uso de água de qualidade, bem como reduzir o consumo de fertilizantes de solo no capim *brachiaria*, Contribuindo assim com o meio ambiente e a redução nos custos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de implantação de *Brachiaria Brizantha cv Marandu* cultivada usando o esgoto sanitário como fonte de nutrientes.

1.1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estimular a prática de reúso de águas residuárias domésticas tratadas em áreas agrícolas;
- ✓ Determinar a composição da água residuária;
- ✓ Analisar a presença de nutrientes que serão disponibilizados pelo efluente do CEULP/ULBRA no cultivo do capim;
- ✓ Calcular a viabilidade econômica quando se aplica água residuária doméstica em substituição a adubos químicos.

1.2 Justificativa

O reúso está relacionado com a proteção à saúde pública e ao meio ambiente, saneamento ambiental e gerenciamento de recursos hídricos. A utilização das águas provenientes de reúso pode ser uma alternativa para liberação dos recursos hídricos de melhor qualidade para fins mais específicos, utilizando, portanto os esgotos sanitários e protegendo a saúde pública e o meio ambiente (CUNHA et al, 2011).

Os critérios determinados para prática do reúso são a proteção à saúde pública e ao meio ambiente. Normalmente apresentam os tratamentos mínimos necessários, atendem os padrões de qualidade recomendados para determinados usos, a eficácia exigida para o tratamento, à concepção dos sistemas de distribuição e o controle de uso das áreas (CROOK, 1998).

O aproveitamento das águas residuárias no meio agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas é de grande serventia, além de reutilizar as águas de reúso, contribuindo com a preservação do meio ambiente, atende-se também a irrigação das plantas nas regiões mais críticas, onde a falta de água até para a população. Podendo este contribuir com a fertilização do solo, o que gera uma economia com fertilizantes de alto custo.

Segundo CRHISTOFIDIS, 2001, a agricultura é a prática humana responsável pelo maior consumo de água, cerca de 70%, podendo esse valor chegar até 85% dos recursos hídricos em regiões de clima seco.

1.3 Problema

A utilização das águas provenientes de reúso na agricultura tem sido uma alternativa para minimizar os problemas ambientais, ocasionados com seu lançamento em cursos d'água. Qual a viabilidade econômica e resultados obtidos com a aplicação do efluente do CEULP/ULBRA no cultivo do capim *brachiaria*?

Um dos maiores investimentos na implantação de uma pastagem ou mesmo na recuperação de uma área degradada é na aquisição de fertilizantes químicos, sendo assim diversas águas residuárias nas mais variadas regiões do mundo tem sido utilizada para atender a demanda nutricional de diferentes culturas. Embora essa prática tem se iniciado no Brasil ainda na década de 70, no estado de São Paulo com a utilização de águas residuárias provenientes da cana-de-açúcar no cultivo dessa planta, o país ainda está muito incipiente no uso dessa prática. Precisa se entender desde a melhor maneira de disponibilizar tais nutrientes, a dosagem a ser aplicada, assim como os possíveis impactos ambientais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Conceitos de reúso de água

Segundo LAVRADOR FILHO (1987), o reúso de águas é o reaproveitamento de águas já utilizadas em alguma atividade humana, visando suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. Pode ser direto ou indireto, bem como decorrer de ações planejadas ou não.

O reúso da água pode ocorrer de maneira direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (*apud* MANCUSO e SANTOS, 2003, p.23), tem-se:

- Reúso indireto: Ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para o uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- Reúso direto: É o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: É o reúso da água internamente a instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

A reutilização de efluentes é uma prática antiga em muitas partes do mundo, no Brasil é pouco utilizada ou quase não aproveitada. De acordo com MANCUSO (1992), o reúso de águas é um assunto ainda tratado com certa reserva e até com preconceito, no Brasil.

Na Europa, a utilização de esgoto em pequenos sistemas de irrigação desenvolveu-se a partir do século XVIII, enquanto nos Estados Unidos da América isso aconteceu a partir de 1870 (POUND & CRITES, 1973 *apud* MOTA et al, 2003).

Quando se aplica águas residuárias no solo, objetiva-se tornar nutrientes tais como nitrogênio, fósforo e potássio a disposição das plantas e assim diminuir a necessidade de adubos comerciais (BISWAS, 1998).

São inúmeras as formas de reúso de água: irrigação paisagística; irrigação de campos de cultivo; usos industriais; recarga de aquíferos; usos urbanos não potáveis; represamento; aumento das vazões de cursos d'água (CROOK, 1993 *apud* MOTA et al, 2003).

No artigo 2 da Resolução número 54 do CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH (2005), são adotadas as seguintes definições:

I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - reúso de água: utilização de água residuária;

III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

V - produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;

VI - distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso;

VII - usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

2.2 Legislação sobre o reúso da água no Brasil

O CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH criou a Resolução de número 54 que estabelece critérios para reúso de água potável com objetivo de conscientizar e intensificar a efetivação de políticas, projetos e programas relacionados ao uso sustentável da água. O reúso de água reduz significativamente a descarga de poluentes e conseqüentemente a poluição, conservando os recursos hídricos quanto à qualidade para o abastecimento da população.

Conforme discutido na Agenda 21, o reúso de água faz parte da prática de racionalização e de conservação de recurso hídricos, por tanto podendo ser utilizada tal prática como maneira de regular a oferta e demanda de recursos hídricos.

A partir do terceiro artigo desta resolução o reúso de água abrange as seguintes diretrizes:

I - reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;

II - reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;

III - reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;

IV - reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais;

V - reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Após a Primeira Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada na Suécia, em 1972, foram criadas as leis mais significativas para os países do mundo, em relação aos recursos hídricos. Após esta conferência surgiram os conceitos de desenvolvimento sustentado, por consequência muitos governos e empresas passaram a se interessar e dar devida importância aos aspectos ligados ao meio ambiente (CONTE & LEOPOLDO, 2001).

Em 1992 realizou-se a Segunda Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92 como se tornou conhecida, realizada no Brasil. Nesta conferência criou-se a Agenda 21, onde firmavam as discussões sobre a minimização dos problemas relacionados ao meio ambiente e recursos hídricos.

Após a promulgação da Lei 9.433 de 8 de Janeiro de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos, é dada uma nova visão para a questão hídrica no país. O destaque na legislação se diz na racionalização do uso da água, estabelecendo diretrizes e instrumentos para sua utilização. Contudo, pouca preocupação legislativa ocorreu para determinação de critérios para reutilização da água no Brasil (BERNARDI *apud* VAZ JUNIOR, 2013).

Baseando-se em várias referências teóricas, fica claro que não existe uma política estabelecida, estrutura legal ou parâmetros estabelecidos para a prática de reuso no Brasil. Contudo, a legislação em vigor, estabelece condições jurídicas e econômicas para a pressuposição do reuso de água como forma de preservação ambiental e utilização racional (FINK & SANTOS *apud* VAZ JUNIOR, 2013).

2.3 Histórico da prática de reúso

México

Com a contaminação das águas, a distribuição geográfica, além do clima o México tem problemas com a disponibilidade da água para atender a população. O reúso de água é uma prática dispersa no país.

No final do século XIX, o uso de águas residuais na agricultura para irrigação no Vale do Mezquital, como efeito das obras de drenagem do Vale do México. Essas águas são reservadas a regiões semiáridas e áridas, com segurança e eficiência para a saúde humana e preservação do meio ambiente, é um valioso recurso. A principal atividade econômica dos moradores do Vale do Mezquital é a agricultura, complementada pela criação de gado. Segundo (ALVAREZ, 1999, *apud* SANTOS, 2011), devido à extensão de área cultivada (83.000 entre 1993 e 1994) e ao tempo de experiência na utilização das águas residuais para irrigação, a região apresenta um exemplo único do reúso para agricultura irrigada.

O Vale do Mezquital apresenta condições para que se realizem estudos considerando a produtividade, contaminação e riscos para população, de forma a tentar auxiliar em relação aos usos possíveis destas águas, criando regulamentos e projetos adaptados a sua realidade.

Israel

Mais de 70% do volume total de águas das redes de esgotos urbano utilizada em Israel está sendo reutilizado. Existe um projeto da região de Dan que mostra a possibilidade de transformar o deserto de Negev em uma área fértil e produtiva para agricultura, por meio do aproveitamento das águas residuais. De acordo com (ANGELAKIS & BONTOUX, 2001 *apud* SANTOS, 2011) Israel foi pioneiro em utilizar águas de reúso na irrigação, seguida por Tunísia, Chipre e Jordânia.

Em Israel a última possibilidade de recurso de água disponível é a dessalinização da água do mar. Com a reutilização das águas residuárias em escala nacional, a um custo relativamente baixo, está adiando os grandes investimentos na dessalinização. A reutilização dessas águas tem como objetivo irrigar lavouras e jardins públicos, além de revitalizar os rios (VOMERO *et al.*, 2000).

Tunísia

Em consequência da falta de água e do aumento da poluição, o uso de águas residuárias na Tunísia tornou-se prioritário. (BAHRI, 1998 *apud* SANTOS, 2011). É um país entre as nações do mediterrâneo que possui em plena atividade uma

política federal de reúso, os projetos de reúso na região remontam a década de sessenta.

Os ministérios responsáveis pela utilização das águas residuárias na agricultura divide-se entre: Ministério do Interior, do Meio Ambiente, da Agricultura, da Economia e da Saúde Pública. A responsável pela coleta, tratamento e disposição final dos efluentes, considerando a construção, operação e manutenção de toda a infraestrutura necessária é a National Sewerage and Sanitation Office (ONAS), a qual é dirigida pelo Ministério do Meio Ambiente.

Contudo é regulamentado por leis e por um decreto que fica terminantemente proibido a irrigação por meio de águas residuárias de qualquer cultura que possa ser ingerida, além de determinar parâmetros de qualidade das águas de reúso com o objetivo de evitar a transmissão de doenças. (BAHRI, 1998 *apud* SANTOS, 2011).

No documento legal "Tunisian Standard 106.03" de 1989, foram colocadas em vigor os padrões de qualidade para as águas residuárias, onde listam culturas com a possibilidade de sua implementação. Neste documento também foram especificados a proteção dos grupos de risco, como trabalhadores e consumidores. Para que este decreto entre em vigor, os ministérios estão somando esforços (BAHRI, 1998 *apud* SANTOS, 2011).

África do Sul

A África do Sul é um país que tem problemas com escassez de água, com o intuito de suprir a necessidade da população eles têm grande interesse na utilização de águas proveniente do reúso. O país aprecia as águas residuárias como uma maneira adicional de atender as necessidades da sua população (ODENDAAL *et al.*, 1998).

A legislação apropriada prevê o reúso de efluentes de maneira indireta, onde devem ser retornados ao leito de origem, o qual impõe um controle no tratamento e na descarga dos esgotos sanitários. Para isso, há a necessidade de uma união entre os aspectos de tratamento de efluentes e as políticas de proteção da qualidade das águas (ODENDAAL *et al.*, 1998).

Em média 93.000 m³ de águas residuais são reservadas ao reúso em Porto Elizabeth, diariamente, tratadas em sistemas de lodo ativados. A água proveniente de reúso não é destinada ao consumo, todavia avalia-se que por volta do ano de

2020 a taxa de água da cidade obtida através das águas residuais chegue a 30% (LEWIN *et al*, 2002).

Chipre

Na cidade de Nicósia, capital do Chipre foram utilizadas no ano de 2001, cerca de 16 milhões de m³ de águas residuais tratadas. A prioridade são as demandas domésticas e industriais, comparando com o uso agrícola e tem aumentado bastante. Com o intuito de liberar volumes de água de fontes convencionais para abastecer a demanda doméstica e industrial, que necessitam de água de melhor qualidade, foram reutilizados cerca de 11 milhões de m³ por ano no setor agrícola. Por consequência, torna-se a água residual tratada como principal fonte utilizada para abastecer a agricultura no futuro (AEMA, 2001).

2.4 Aplicações da água de reúso

2.4.1 Reúso na irrigação

Com o intuito de racionalizar, garantindo economia da água, o reúso de água residuária para irrigação surge com o objetivo de aumentar a oferta de água. Alguns países já fazem uso desta prática e possuem regulamentação específica para o tema. Entretanto, no Brasil ainda está em fase de crescimento na prática e regulamentação da técnica, com grande potencial de expansão (BERNARDI, 2003).

De acordo com GUIDOLIN (2000), é de grande importância listar os elementos minerais presentes em esgotos sanitários urbanos brutos, dando ênfase a presença de N, P e K, bem como, As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb, Se e Zn, alguns deles necessários ao desenvolvimento das plantas. Em se tratando dos micro-organismos causadores de doenças, é importante ressaltar que o solo age reduzindo o período de sobrevivência dos mesmos. Efluentes tratados adequadamente podem ser aplicados em culturas de alimentos não processados comercialmente como: irrigação superficial de qualquer cultura alimentícia, incluindo aquelas consumidas cruas; Em culturas de alimentos processados comercialmente como: irrigação superficial de pomares e vinhas; Culturas não alimentícias como: irrigação de pastos, forragens, fibras e grãos.

2.4.2 Reúso na indústria

O uso de águas residuárias no Brasil iniciou-se há alguns anos atrás, quando ainda existiam os engenhos de cana de açúcar, com a aplicação do esgoto sanitário proveniente das destilarias de álcool para irrigar as plantações de cana. Anos mais tarde houve a preocupação por parte de algumas indústrias com a escassez de água, em 1993 quatro fábricas do Pólo industrial de Cubatão, no estado de São Paulo, criaram um programa de reúso de água para refrigeração de seus processos de fabricação. No mesmo período a fábrica General Motors, instalada em São Caetano – SP, tratava e reciclava 100% da água que utilizava (LEITE, 2003).

Utilizando de forma eficiente a água, de maneira que aplique a água de reúso, acarreta ao alcance de objetivos intocáveis, como a melhoria da imagem da fábrica por meio da otimização dos recursos com a redução dos impactos ambientais negativos, contribuindo para a sustentabilidade de uma atividade (LOBO, 2004). Para que haja reciprocidade entre os benefícios ambientais e econômicos na implantação de um sistema de reúso devem-se considerar diversas etapas, como mostra o Quadro 1. Por conseguinte, o controle ambiental na indústria poderá deixar de ser um custo pesado para transformar-se numa aplicação lucrativa de recursos.

Quadro 1 - Etapas do projeto de reúso de água na indústria.

1. Definição dos principais usos de água na planta industrial e requisitos de qualidade.
2. Otimização das instalações existentes e a racionalização do uso de água.
3. Balanço de massa com a caracterização de todos os pontos de geração de efluentes de cada unidade do processo industrial.
4. Caracterização dos efluentes e avaliação da confiabilidade da estação de tratamento de efluentes.
5. Avaliação dos locais potenciais para reúso, ensaios de tratabilidade e legislação vigente.
6. Tratamentos adicionais necessários e estudo de modificações na ETE.
7. Análise da viabilidade técnica e econômica das rotas tecnológicas para reutilização e reciclagem de efluentes.

Fonte: LOBO, 2004.

As possibilidades de reúso de água na indústria são (MANCUSO *et al.*, 2003):

- Torres de resfriamento, as indústrias desenvolvem junto com o seu processo uma grande quantidade de calor residual, que deve ser removido ou reduzido. Em função disto possuem um sistema de refrigeração, que por sua vez utiliza a água como meio refrigerante, que absorve este calor residual do processo para depois cedê-lo a outro meio;
 - Lavagem de peças e equipamentos;
 - Irrigação de áreas verdes;
 - Lavagem de pisos e veículos;
 - Processo industrial, principalmente nas indústrias de papel, têxtil, plásticos, curtume, construção civil e petroquímica;
 - Lavagem de gases da chaminé;
 - Uso sanitário;
 - Proteção contra incêndios.

2.5 Agricultura irrigada

A maior consumidora de água dentre as diversas maneiras de uso deste recurso natural é a agricultura irrigada, cerca de 70% do uso consumido total, com grande capacidade para chegar a 80% até o final da década (HESPANHOL, 2008). A crescente demanda por água para irrigação tem ocasionado busca por alternativas mais eficazes, como o reúso de esgoto doméstico tratado, por meio da disposição controlada no solo, destacando as características essenciais do solo e das águas de reúso, que são de grande importância para a continuidade do processo, considerando uma possível salinização e/ou sodificação do solo irrigado (MIRANDA *et al.*, 2001). Por consequência, há a necessidade de um sistema adequado de drenagem, com o objetivo de reduzir o processo de salinização dos solos irrigados com efluentes (HESPANHOL, 2008).

As águas superficiais ou subterrâneas possuem determinado teor de sais em solução, em regiões áridas e semiáridas essa concentração é geralmente maior, o que acarreta no problema de salinização e alcalinização dos solos. Nesta situação, deve-se determinar a qualidade da água de irrigação, com base na concentração de sais (DAKER, 1988). A qualidade da água pode ser obtida por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas. Qual for a finalidade de uso podem ter

diferentes requisitos de qualidade. Por conseguinte, a água de um manancial pode ser considerada de boa qualidade para um sistema específico de irrigação e inadequada para outras situações.

Conforme HESPANHOL (2003) a utilização de efluentes tratados às culturas irrigadas pode ser efetuada pelos seguintes métodos básicos de irrigação:

- Por inundação ou por canais laterais, molhando praticamente toda a superfície do solo;
- Por sulcos, molhando apenas uma pequena parte da superfície do solo;
- Por aspersores, fazendo que o solo e as culturas sejam molhadas de maneira semelhante ao que ocorre durante as chuvas;
- Por irrigação subsuperficial, na qual apenas uma pequena porção do solo é molhada, mas permitindo a saturação do subsolo;
- Por irrigação localizada (gota a gota, exsudação em mangueiras plásticas e bubbler), na qual a água é aplicada a cada planta, individualmente, e a uma taxa ajustável.

Os esgotos sanitários de sistemas convencionais de tratamento, como lodos ativados, possuem uma concentração típica de 15 mg/litro de nitrogênio total (N) e 3 mg/litro de fósforo total (P), fornecendo, logo, às taxas usuais de uma irrigação em zonas semiáridas, uma aplicação de N e P de 300 e 60 kg/há/ano, nesta ordem. Este aproveitamento de nutrientes reduz, consideravelmente, a necessidade da aplicação de fertilizantes comerciais (HESPANHOL, 2008).

Assim como CRUZ *et al.* (2006) o controle impróprio da água de irrigação unido ao consumo de fertilizantes têm colaborado para o aumento de problemas de salinidade em áreas da agricultura. Por consequência da falta de precipitação pluvial e do alto teor evaporativo, nas regiões áridas e semiáridas principalmente, são fatores que dificultam a lixiviação dos sais depositados na camada arável do solo. A prática de irrigação utilizando águas de reúso deverá ser de importância crescente, demandando atenção rigorosa a contribuição de nutrientes por meio da irrigação e as quantidades necessárias para a otimização da produtividade da agricultura (LEAL *et al.* 2009).

2.6 Características físicas, químicas e biológicas das águas residuárias domésticas

Conforme JORDÃO E PESSOA (1995), os conteúdos sólidos, odor, temperatura, cor e turbidez são as principais características físicas relacionadas aos efluentes, além da variação da vazão. As características físicas das águas provenientes de reuso estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas das águas residuárias domésticas.

Parâmetro	Descrição
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Ligeiramente superior à da água de abastecimento. • Variação conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar). • Influência na atividade microbiana. • Influência na solubilidade dos gases. • Influência na velocidade das reações. • Influência na viscosidade do líquido.
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: ligeiramente cinza. • Esgoto séptico: cinza escuro ou preto.
Odor	<ul style="list-style-type: none"> • Esgoto fresco: odor oleoso, relativamente desagradável. • Esgoto séptico: odor fétido (desagradável), devido ao gás sulfídrico e a outros produtos de decomposição. • Despejos industriais: odores característicos.
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> • Causada por mais de uma variedade de sólidos em suspensão. • Esgoto mais frescos ou mais concentrados: geralmente maior turbidez.

Fonte: adaptado de QSAIN (1985), citado por VON SPERLING (2005).

Os sólidos presentes nos efluentes são de origem orgânica e inorgânica.

O principal problema ocasionador da poluição para os corpos d'água é a matéria orgânica, onde existe extração de oxigênio dissolvido pelos micro-organismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica.

Os produtores de nitrogênio, contendo carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio e ainda podendo conter fósforo, enxofre e ferro são as proteínas. Elas são

a principal constituinte do organismo animal (JORDÃO e PESSOA *apud* SILVA, 2010).

Em termos práticos, não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, carboidratos, gorduras etc. Além disso, há grande dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, em face da multiplicidade de formas e compostos que ela pode apresentar. Assim pode-se utilizar-se de métodos diretos ou indiretos para a quantificação do conteúdo de matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Os métodos indiretos que consistem na medição do consumo de oxigênio são: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda última de oxigênio (DBO_u) e demanda química de oxigênio (DQO). O método direto consiste na medição da concentração do carbono orgânico total (COT).

A DBO mensura a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar, por meio de processos bioquímicos, a matéria orgânica. A estabilização completa da matéria orgânica demora 20 dias para águas residuárias domésticas. Em decorrência da grande demora para a obtenção de resultados, efetuou-se padronizações o que convencionou-se a DBO_u, que ocorre em cinco dias. Esse teste de DBO é feito a uma temperatura de 20 °C, visto que temperaturas afetam o metabolismo bacteriano (SILVA, 2010).

A DBO dos esgotos domésticos varia entre 100 e 300 mg L⁻¹, enquanto que, nos cursos d'águas naturais, fica em torno de 10 a 15 mg L⁻¹, (NUVOLARI, 2003).

A DBO₅ corresponde ao consumo de oxigênio exercido durante os primeiros cinco dias, entretanto, ao final do quinto dia, a estabilização da matéria orgânica ainda não ocorreu completamente. Após isso, o consumo de oxigênio pode ser considerado desprezível. Nesse sentido, a DBO_u corresponde ao consumo de oxigênio até esse tempo, a partir da qual não há consumo significativo (SILVA, 2010).

Quantificando-se a DQO, mede-se o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica. Quando se utiliza um agente oxidante o valor obtido é uma indicação indireta do teor de matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). A oxidação química do material orgânico é realizada com a utilização de agentes fortemente oxidantes, tais como dicromato ou permanganato de potássio (NUVOLARI, 2003).

No método direto (COT), o carbono orgânico é medido, diretamente, por um teste instrumental e, não indiretamente, por meio da quantificação do oxigênio consumido, como nas três variáveis discutidas acima. O teste COT mede todo o carbono orgânico liberado na forma de CO₂ e é mais utilizado em pesquisas ou avaliações mais aprofundadas das características dos líquidos, devido aos custos elevados do equipamento (VON SPERLING, 2005).

A matéria inorgânica presente nos esgotos é formada, faz-se pela ocorrência de areia e de substâncias minerais dissolvidas. A areia é proveniente de águas de lavagem das ruas e de águas do subsolo, que chegam às galerias de modo indevido ou que se infiltram através das juntas das canalizações. Raramente, os esgotos são tratados para remoção de constituintes inorgânicos, salvo exceção de alguns despejos industriais (JORDÃO E PESSOA, 1995).

Os micro-organismos encontrados nos esgotos podem ser: saprófitas, comensais, simbiontes ou parasitos. Apenas a última categoria é patogênica e capaz de causar doenças ao homem e aos animais. Segundo VON SPERLING (2005), os principais grupos de organismos de interesse do ponto de vista da saúde pública, com associação com a água ou com as fezes, são: bactérias, vírus, protozoários e helmintos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais micro-organismos de interesse para a saúde pública.

Micro-organismo	Descrição
Bactérias	<ul style="list-style-type: none"> • São organismos unicelulares. • Apresentam-se em várias formas e tamanhos. • São os principais responsáveis pela conversão da matéria orgânica. • Algumas bactérias são patogênicas, causando doenças principalmente intestinais.
Protozoários	<ul style="list-style-type: none"> • São organismos unicelulares sem parede celular. • A maioria é aeróbia ou facultativa. • Alimentam-se de bactérias, algas e outros micro-organismos. • São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos. • Alguns são patogênicos.
Vírus	<ul style="list-style-type: none"> • São organismos parasitas formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça proteica. • Causam doenças e podem ser de difícil remoção e tratamento da água ou do esgoto.
Helmintos	<ul style="list-style-type: none"> • São animais superiores. • Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.

Fonte: SILVA E MARA (1979), TCHOBANOGLOUS E SCHROEDER (1985), METCALF e EDDY (1991), citados por VON SPERLING (2005).

A origem desses agentes patogênicos nos esgotos é predominantemente humana e reflete diretamente o nível de saúde da população e as condições de saneamento básico de cada região (SILVA *et al.*, 2001). O maior agravante na utilização de esgoto sanitário na agricultura tem sido o aspecto sanitário, Portanto os esgotos precisam ser tratados e a qualidade sanitária depende do grau de tratamento.

A microbiologia é o ramo da biologia que trata os micro-organismos. Em termos de avaliação da qualidade da água, os micro-organismos assumem um papel de grande importância entre os seres vivos, devido à sua grande predominância em determinados ambientes, à sua atuação nos processos de depuração dos despejos ou à sua associação às doenças ligadas à água (VON SPERLING, 2005).

2.7 Capim *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

A *Brachiaria brizantha* tem origem do Zimbábue, localizado na África, uma região vulcânica onde os solos são de boa fertilidade (BOGDAN, 1977), sendo que o cultivar Marandu, divulgado em 1987 pela EMBRAPA-CNPGC, é originário em germoplasmas introduzidos na região de Ibirarema em São Paulo (NUNES; BOOK; PENTEADO, 1985; SKERMAN; RIVEROS, 1990). Conforme NUNES, BOOK e PENTEADO (1985) é uma planta forrageira cespitosa, robusta, de 1,5 a 2,5 m de altura quando em livre crescimento, com colmos iniciais prostrados, mas que produz perfilhos predominantemente eretos. Possui rizomas curtos e encurvados e com folhas pouco pilosas na face ventral e sem pilosidade na face dorsal, bainhas pilosas e inflorescências com até 40 cm de comprimento, com quatro a seis racemos.

De boa produtividade, favorece boa cobertura do solo, tem capacidade de competição com invasoras e tem estabelecimento rápido. Possui resultado satisfatório quanto à adubação nitrogenada, quando os nutrientes estão bem dispostos no solo (ALVIM *et al.*, 1990; EMBRAPA, 2010). Porém apresenta a necessidade de moderada fertilidade do solo para seu desenvolvimento (BOGDAN, 1977; SKERMAN; RIVEROS, 1990).

3 METODOLOGIA

O Centro Universitário Luterano de Palmas, está localizado no município de Palmas-TO, latitude 10°12'46" sul, longitude 48°21'37" oeste, a uma altitude 230 metros, onde se encontra uma área experimental destinada a atender os diversos cursos da Instituição.

O presente trabalho visa utilização do efluente primário do esgoto doméstico proveniente do CEULP/ULBRA, na implantação de uma área de pastagem formada por *Brachiaria Brizantha cv Marandu*. O CEULP/ULBRA tem aproximadamente 6300 acadêmicos e 500 funcionários.

De acordo com VON SPERLING (2005), a média de consumo de água por pessoa está em torno de 200 litros/dia. No Centro Universitário os acadêmicos e funcionários passam cerca de 4 a 8 horas, e assim adotou-se um consumo diário médio de 30 litros por pessoa. A partir disso o consumo será de 204.000 litros/dia de água consumida. Deste total cerca de 80% converte-se em esgoto, o que equivale a uma produção diária de 163.200 litros de esgoto.

O tipo de solo predominante na área é um Latossolo Vermelho Amarelo (LVA). Para a implantação da cultura, foi feito um estudo de análises físicas e químicas do solo do CEULP/ULBRA através dos dados obtidos por SILVA (2010) durante o seu trabalho com a fertirrigação do capim Mombaça. A partir das análises do solo e conhecendo a necessidade de adubação da cultura, calculou-se a taxa máxima de esgoto a ser aplicada.

A necessidade de calagem para o plantio foi calculada de acordo com as análises química do solo. Foi utilizado o método da saturação das bases.

Os dados pluviométricos do município foram obtidos no site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Calculou-se o volume de esgoto a ser lançado para atender a necessidade hídrica do *Brachiaria brizantha*, sem causar contaminação do solo.

Para a sucção do esgoto será necessária a aquisição de uma bomba de 2 cv e aproximadamente 300 metros de mangueira de 50 mm, para que o esgoto seja conduzido até o local do plantio, onde será armazenado em reservatórios. O período de armazenamento não pode exceder uma semana devido ao mal odor a

volatilidade dos compostos nitrogenados que entram na composição da água residuária.

As amostras do efluente do CEULP/ULBRA foram coletadas, devidamente acondicionadas em caixas de isopor com gelo e enviadas ao laboratório de solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para as análises químicas, físicas e assim conhecer os teores dos principais nutrientes disponibilizados no resíduo.

A medição do pH no efluente foi feita utilizando-se um medidor de pH portátil; a condutividade elétrica (CE), um condutivímetro portátil; a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), pelo método iodométrico; a demanda química de oxigênio (DQO), pelo método oxidimétrico em refluxo aberto; a concentração de fósforo, por espectrofotometria; as concentrações de potássio e de sódio, por fotometria de chama; e de nitrogênio total pelo método Kjeldhal. As análises do efluente foram realizadas de acordo com o especificado em Standard Methods ... (APHA, 2005).

Amostras do efluente foram utilizadas para análise de contagem de coliformes termotolerantes (*E. coli*) e totais no Laboratório de Qualidade da Água do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. O método usado para quantificar os coliformes termotolerantes e totais foi o cromogênico (substrato Colilert), para a determinação do número mais provável (NMP) de *Escherichia coli* em 100 mL de amostra. Essa bactéria é considerada a mais representativa da contaminação fecal dentro do grupo de coliformes fecais (OMS, 1995).

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006), a necessidade dos macronutrientes, Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é P são 48 kg/ha, N de 150 kg/ha e K de 58 kg/ha, em virtude das concentrações de P e K no solo. Através da análise de solo foram conhecidos os teores dos nutrientes disponibilizados pelo solo e com os dados da necessidade cultura, foi conhecido o valor dos nutrientes que deverão ser disponibilizados para a planta.

A água residuária de origem doméstica tem na sua composição N, P e K, que foi quantificada conforme citado anteriormente, para que seja calculada a necessidade de resíduo a ser utilizada para suprir a adubação da planta e também a exigência hídrica.

Foi feito um levantamento dos custos dos adubos químicos necessário para a implantação da cultura. Como fonte de nitrogênio foi utilizada a ureia, de fósforo o

superfosfato simples e de potássio o cloreto de potássio. Assim, com esses dados, foi possível calcular a economia de fertilizantes quando se utiliza dessas águas residuárias de origem doméstica na fertirrigação da cultura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

SILVA (2010) utilizou o esgoto sanitário do CEULP/ULBRA na fertirrigação do capim mombaça, com base no teor de sódio, pois este é o elemento referência no caso da água residuária de origem doméstica. O mesmo autor utilizou cinco diferentes tratamentos que foram: 0 kg de Na ha⁻¹, 75 kg de Na ha⁻¹, 150 kg de Na ha⁻¹, 225 kg de Na ha⁻¹ e 300 kg de Na ha⁻¹.

4.1 Análise características do efluente do CEULP/ULBRA

Os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas do esgoto estão sendo apresentadas na Tabela 3, a seguir. O valor de pH foi de 8,1, no que se refere a água residuária utilizada para fertirrigação do capim *brachiaria brizantha*, o que o caracteriza como levemente alcalino. O resultado está dentro do intervalo de valores admissíveis (5 – 9) para lançamento de esgoto sanitário nos corpos hídricos.

A água residuária apresenta concentrações de K abaixo dos descritos por PESCOD (1992) e WHO (2004), citado por SILVA (2010), segundo os mesmos autores concentrações típicas de K em esgotos sanitários são de 30 mg L⁻¹.

Em relação à concentração de fósforo, foi encontrado um valor um pouco acima daqueles citados por VON SPERLING (2005), que é de 4 mg L⁻¹, conforme a Tabela 3.

A concentração de N encontra-se dentro do intervalo descrito por PESCOD (1992) e VON SPERLING (2005), que são de 40 a 80 mg L⁻¹. A concentração de Na no esgoto sanitário foi de apenas 5,83 mg L⁻¹, resultados não coerentes com os obtidos por MEDEIROS (2005) e SOUZA (2005), que referiram a média de 40 mg L⁻¹. Para Silva (2010) a baixa concentração encontrada de Na tem relação à utilização mínima de água para lavagem de alimentos, a principal fonte desse elemento químico para a água residuária de instalações sanitárias.

O resultado obtido em relação a sólidos totais foi de 298 mg L⁻¹. VON SPERLING (2005) citou uma faixa de 700 a 1.350 mg L⁻¹, para esgoto bruto, enquanto SOUZA (2005) obteve concentração média de sólidos totais na faixa de 528 mg L⁻¹ para o mesmo efluente. Em relação aos sólidos suspensos totais, VON SPERLING (2005) citou a faixa de 500 a 900 mg L⁻¹ como sendo a mais encontrada em esgoto bruto, porém o valor encontrado foi de apenas 18 mg L⁻¹ (Tabela 3).

Segundo SILVA (2010), a influência de sólidos no efluente pode restringir a sua utilização na agricultura, pois grande concentração pode acarretar problemas tanto nos solos, como nos sistemas de aplicação. A água residuária pode apresentar risco de entupimento causado pela presença de sólidos totais na água. MATOS (2003) afirmou que os sólidos são fontes de matéria orgânica para o solo e que, mesmo em pequenas quantidades, podem prejudicar suas propriedades físicas, como a condutividade hidráulica, drenagem, massa específica, entre outras.

Quanto à condutividade elétrica, de acordo com BERNARDO *et. al* (2008), a água residuária está enquadrada na classe C3, salinidade alta, na faixa de 0,75 e 2,25 dS m⁻¹, não recomenda-se a aplicação em solos com deficiência de drenagem e, naqueles em que ela seja adequada, pode ocorrer a necessidade de práticas especiais para o controle da salinidade. Somente é recomendável sua aplicação em solo onde se cultivam plantas com boa tolerância aos sais (BERNARDO *et. al*, 2008, citado por SILVA 2010).

Tabela 3 - Características do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA.

Análise: composição mineral (N₂, NO₂, NO₃, NH₃, Norgânico, Na, K, metais pesados, micronutrientes, condutibilidade elétrica, pH, gorduras e sólidos totais.

Características físicas		
Dados do solicitados	Resultado	Métodos
Condutibilidade elétrica	0,0634 S m ⁻¹	Condutivímetro
Sólido totais	298 mg/L	Balança
Sólido em suspensão totais	18 mg/L	Balança
pH	8,1	Potenciômetro
Gorduras totais	10,95%	Soxhlet
Características químicas		
Nitrogênio total	74,582 mg/L	Micro-Kjedhal
Nitrogênio orgânico	26,621 mg/L	Bradford
Nitrito	1,23 mg/L	Espectrofotométrico - Alfanatfalilamina
Nitrato	3,421 mg/L	Espectrofotométrico - Brucina
Amônia	40,319 mg/L	Espectrofotométrico - Nessler
As	valores abaixo do limite de detecção (0.001)	
Ni		
Cl	4,56	Espectrometria de absorção atômica
Cd	7,432	
Cu	0,436	
Fe	3,457	
Al	0,542	
Mn	0,035	
Mg	0,021	
S	0,923	
Ca	0,221	
P	7,435	
Na	5,834	Espectrometria no plasma
K	18,601	Espectrometria no plasma

Observação 1: A precisão depende da qualidade das amostras.

Observação 2: Os minerais foram determinados após uma digestão nitroperclórica.

Sendo: As – Arsênio; Ni – Níquel; Cl – Cloro; Cd – Cádmio; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Al – alumínio; Mn – Manganês; Mg – Magnésio; S – Enxofre; Ca – Cálcio; P – Potássio; Na – sódio; K – Potássio.

Fonte: Laboratório de análise do solo – Viçosa – MG.

4.2 Risco de salinização

Para SILVA (2010), devido às altas concentrações de sódio que existem em muitas águas residuárias, nos solos fertirrigados por esgotos, pode ocorrer acúmulo de sais na superfície. Em situações como esta, os sais se concentram nas bordas da faixa do bulbo molhado e, com a evaporação na água do solo ocorre o aumento da concentração salina no entorno das raízes da planta.

4.3 Risco de contaminação do lençol freático

Predomina-se no Brasil latossolos altamente intemperizados, classe de solos de grande importância para o cultivo de diversas culturas. Estes solos tem característica de baixa capacidade de troca iônica, sendo a maior parte das cargas negativas dos coloides partes derivadas de cargas variáveis ou dependentes de pH, alta acidez, adequada porosidade e alta permeabilidade, o que viabiliza a perda de nutrientes por lixiviação, principalmente daqueles íons que se apresentam na forma aniônica, como o nitrato, SILVA (2010).

O nitrato é um ânion que causa danos irreversíveis ao ser humano e ao meio ambiente. Poderá acarretar a metahemoglobinemia, ou mesmo causar câncer no estômago, além da eutrofização. Esses danos podem acontecer caso o nitrato entre em contato com o lençol freático e cursos de água (BURT, 1993, citado por SILVA, 2010).

4.4 Contaminação por coliformes

Segundo SILVA (2010), em relação aos aspectos sanitários presente nas águas residuárias utilizadas para fertirrigação, observou-se que nas plantas do capim – mombaça não havia presença de E. coli e coliformes totais. Este resultado pode ter acontecido pelo fato das altas temperaturas do ambiente e devido às chuvas com frequência na época do estudo.

4.5 Nutrientes fornecidos pelo esgoto sanitário do CEULP/ULBRA

Baseando-se nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio que respectivamente foram de: 74,5 mg/L, 7,4 mg/L e 18,6 mg/L e numa produção diária de 24 litros de água residuária por pessoa, considerando 25 dias, devido aos

domingos de cada mês, num período de dez meses, devido ao período de férias na Instituição de ensino, conforme citado anteriormente, teremos:

4.5.1 Nível de Nitrogênio

74,5 mg → 1 L

X → 163200 L

X = 12,158 kg de N/dia

12,158 kg de N/dia * 25 dias = 303,96 kg de N/mês

303,96 kg de N/mês * 10 meses = 3039,6 kg de N/ano.

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006) a necessidade do Nitrogênio para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é de 150 kg/ha.

150 kg → 1 ha

3039,6 kg de N/ano → x

X = 20,26 ha

4.5.2 Nível de fósforo

7,4 mg → 1 L

X → 163200 L

X = 1,208 kg de P/dia

1,208 kg de P/dia * 25 dias = 30,192 kg de P/mês

30,192 kg de P/mês * 10 meses = 301,92 kg de P/ano.

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006) a necessidade do Fósforo para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é de 48 kg/ha.

48 kg → 1 ha

301,92 kg → x

X = 6,29 ha

4.5.3 Nível de potássio

18,6 mg → 1 L

X → 163200 L

X = 3,03 kg de K/dia

3,03 kg de K/dia * 25 dias = 75,89 kg de K/mês

75,89 kg de K/mês * 10 meses = 758,88 kg de K/ano.

De acordo com o manual de adubação da Embrapa (2006) a necessidade do Potássio para o cultivo do capim *Brachiaria brizantha* é de 58 kg/ha.

58 kg → 1 ha

758,88 kg → x

X = 13,08 ha

Com base nos principais nutrientes que ocorrem na água residuária do CEULP/ULBRA, para a fertirrigação do capim *Brachiaria brizantha cv Marandu*, é possível a implantação de uma área de 20,26 ha ou 202600 m², com base no elemento que se encontra em maior quantidade, que é o nitrogênio.

Devido o baixo teor de fósforo e potássio presente no efluente, quando comparado ao nitrogênio, é essencial à utilização de adubos químicos, para complementar o teor dos nutrientes necessários para o solo.

4.6 Análise Econômica

4.6.1 Nitrogênio

Como fonte de nitrogênio utilizou-se a ureia, que possui 46,6% de N e custo de R\$ 3,80 o kg.

3,80 reais → 1 kg ureia

X → 12,158 kg de ureia/dia

X = 46,20 reais/dia

46,20 reais/dia * 25 dias = 1155,00 reais/mês

1155,00reais/mês * 10 meses = 11550,00 reais

Teor de N na ureia

60 g → 100%

28 g → x

X = 46,66% de N.

$$\frac{11550}{0,4666} = 24.753,54 \text{ reais}$$

É possível fertirrigar 20,26 ha utilizando a água residuária, com base no elemento químico nitrogênio, reaproveitando todo o teor de nitrogênio presente no esgoto. Por consequência, a economia deste elemento químico será total em relação à área fertirrigada. Uma economia de R\$ 11.550,00 reais ao ano aproximadamente, como mostra os cálculos acima.

4.6.2 Fósforo

Como fonte de fósforo utilizou-se o superfosfato simples que custa R\$ 2,00 o kg.

2,00 reais de superfosfato simples → 1 kg

X → 1,208 kg de Super simples/dia

X = 2,416 reais/dia

2,416 reais/dia * 25 dias = 60,4 reais/mês

60,4 reais/mês * 10 meses = 604 reais/ano

Teor de fósforo no P₂O₅:

P₂O₅

P: 2 x 31 = 62

O: 5 x 16 = 80

Total = 142 g

142 g → 100%

62 g → x

X = 43,66% de P.

Como o superfosfato é 20% de P₂O₅, se fosse o P₂O₅ 100%:

$$\frac{604}{0,2} = 3.020,00 \text{ reais} \qquad \frac{3020}{0,4366} = 6.917,09 \text{ reais}$$

É possível fertirrigar 6,29 ha utilizando a água residuária, referente ao elemento químico fósforo. A economia deste elemento químico será de R\$ 604,00 reais ao ano aproximadamente, como mostra os cálculos acima.

Como a área a ser fertirrigada é de 20,26 ha, e só temos disponível cerca de 6,29 ha de fósforo, para satisfazer a necessidade deste elemento é preciso complementar 13,97 ha do nutriente com adubos químicos.

4.6.3 Potássio

Como fonte de potássio, utilizou-se o cloreto de potássio, que custa R\$ 2,78 reais o kg.

2,78 reais → 1 kg

X → 3,03 kg de KCl/dia

X = 8,42 reais/dia

8,42 reais/dia * 25 dias = 210,50 reais/mês

210,50 reais/mês * 10 meses = 2.105,00 reais/ano.

KCl

K: $1 \times 39 = 39$

Cl: $1 \times 35,5 = 35,5$

Total = 74,5 g

74,5 g \rightarrow 100%

39 g \rightarrow x

X = 52,3% de K.

$$\frac{2105,00}{0,523} = 4.024,86 \text{ reais}$$

É possível fertirrigar 13,08 ha utilizando a água residuária, com base no elemento químico potássio, reaproveitando todo o teor do mesmo presente no esgoto. Por consequência, a economia deste elemento químico será de R\$ 2.105,00 reais ao ano aproximadamente, como mostra os cálculos acima.

Como a área a ser fertirrigada é de 20,26 ha, e só temos disponível cerca de 13,08 ha de potássio, para satisfazer a necessidade deste elemento é preciso complementar 7,18 ha do nutriente com adubos químicos.

A economia total aproximadamente, dos elementos químicos nitrogênio, fósforo e potássio, utilizando o efluente do CEULP/ULBRA para uma fertirrigação de área 20,26 ha ou 202600 m², serão de R\$ 14.259,00 reais ao ano.

$$\sum 11550,00 + 604,00 + 2105,00 = 14.259,00$$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos estudos apresentados, por meio de análises físicas, químicas dos teores dos principais nutrientes presentes no efluente do CEULP/ULBRA, conclui-se que é possível fertirrigar uma área de 20,26 ha ou 202.600 m² com o capim *Brachiaria brizanta cv marandu*, utilizando todo o esgoto produzido em um ano pelo CEULP/ULBRA, considerando o consumo de 30 litros de água por dia, num período de 10 meses do ano.

A utilização do efluente acarretará uma economia de adubados à base de nitrogênio, fósforo e potássio, de aproximadamente 14.259 reais ao ano.

Aplicando o esgoto sanitário como fonte de nutrientes no plantio do capim *Brachiaria* previne-se uma possível contaminação de corpos hídricos, minimizando a utilização de água de melhor qualidade.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros propõe o acompanhamento do teor do nitrato no solo, visto que esse é um dos contaminantes do solo e da água. Teores elevados desse íon pode acarretar a metahemoglobinemia. Dependendo do tipo de solo esse ânion poderá percolar atingindo o lençol freático, e assim causando sérios problemas ambientais.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVIM, M.J.; BOTREL, M. A.; VERNEQUE, R.S.; SALVATI, J.A. Aplicação de nitrogênio em acessos de *Brachiaria*. 1. Efeito sobre a produção de matéria seca. **Pasturas Tropicais**, Cali, V. 12, p. 2-6, 1990.

BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants**. New York: Longman, 1977, p. 475.

BARROSO, L.B.; WOLFF, D.B.; **Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas**. Espírito Santo do Pinhal – SP, 2011.

CARVALHO, N.L.; HENTZ, P.; SILVA, J.M.; BARCELLOS, A.L. **Reutilização de águas residuárias**. Santa Maria – RS, 2014.

CONTE, M.L.; LEOPOLDO, P.R. **Avaliação de Recursos Hídricos: Rio Pardo, um exemplo**. São Paulo, editora UNESP, 2001.

CUNHA, A.H.N.; OLIVEIRA, T.H; FERREIRA, R.B; MILHARDES, A.L.M; SILVA, S.M.C. **O reúso de água no Brasil: A importância da reutilização de água no país**. Anápolis-GO, 2011.

CUNHA, A.H.N.; FERRARI, A.R.; **Reúso de água no Brasil**. Anápolis-GO, 2011.

CUTOLO, S.A. **Reuso de águas residuárias e saúde pública**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2009.

EMBRAPA – Centro Agro florestal de Rondônia. [2010] In: Embrapa, Brasil: **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2010.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro : EMBRAPA-SPI, 2006.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte, editora UFMA, 2006.

http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/resolucoes/cnrh/54_2005_criterios_gerais_uso_aqua.pdf. acesso em 17/08/15, às 16:12.

<http://www.ceap.br/material/MAT15052014142755.pdf>. acesso em 17/08/15, às 14:43.

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=370>. Acesso em 18/08/15 às 15:26.

LAVRADOR FILHO, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1987.

LO MÔNACO PA (2005) **Fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 111p.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. (Ed.) **Reuso de Água**. São Paulo: Manole, 2003

MATOS AT (2007) **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, AEAMG/DEA/UFV. 141 p. (Caderno didático, 38).

MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. V. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos e despolpa dos frutos do cafeeiro**. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas do estado de Minas Gerais. 2003.

MEDEIROS, S. S. **Alterações físicas e químicas do solo e estado nutricional do cafeeiro em resposta à fertirrigação com água residuária de origem doméstica**. 2005. 114f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa MG.

MOTA, S. **Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado**. Fortaleza- CE, 2003.

NUNES, S.G.; BOOK, A.; PENTEADO, M.I.O. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. 2 ed. Campo Grande: EMBRAPA – CNPGC, 1985. P. 31 (Documentos,21).

OLIVEIRA, J.F.; ALVES, S.M.C.; FERREIRA NETO, M.; OLIVEIRA, R.B. **Efeito da água residuária de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de pimenta Cambuci e quiabo**. Mossoró-RN, 2012.

PESCOD, M. B. Wasterwater treatment and use in agriculture. **Irrigation and Drainagem Paper**, n. 47, FAO, Rome, 1992.

SANTOS, D.C. **Projeto Modelo: Potencial de reúso de águas residuais tratadas para fins agrícolas no nordeste brasileiro**. Campina Grande-PB, 2011.

SANTOS SSS, SOARES AA, MATOS AT, MANTOVANI EC, BATISTA RO, MELO JC (2006) **Contaminação microbiológica do solo e de frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário**. Engenharia na Agricultura, 14:16-22.

SILVA, J.G.D.; MATOS. A.T.; BORGES, A.C.; PREVIERO, C.A. **Composição químico-bromatológica e produtividade do capim-mombaça cultivado em diferentes lâminas de efluente do tratamento primário de esgoto sanitário**. Viçosa, 2012.

SKERMAN, P.I.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. FAO Plant Production and Protection Series 23. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990. P. 832.

SOUZA, J. A. A. **Uso de água residuária de origem doméstica na fertirrigação do cafeeiro: efeitos no solo e na planta**. 2005. 160f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, MG.

VAZ JUNIOR, N.V. **Estudo do reuso do esgoto sanitário do CEULP/ULBRA na cultura da grama esmeralda (ZOYSIA JAPÔNICA)**. Palmas-TO, 2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Ed. : Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WHO, **Health Guidelines for th use of wasterwater in agriculture and aquaculture**. Geneva, Technical Report Serie n. 74. World Health Organization, 2004.

