



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

NATANAEL BLANCO BENÁ FILHO

**ESTRUVITA: IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS PERIGOS E
EVENTOS PERIGOSOS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO,
PERCEPÇÃO E ACEITABILIDADE DE AGRICULTORES QUANTO AO
SEU USO AGRÍCOLA**

VITÓRIA
2019

NATANAEL BLANCO BENÁ FILHO

**ESTRUVITA: IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS PERIGOS E
EVENTOS PERIGOSOS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO,
PERCEPÇÃO E ACEITABILIDADE DE AGRICULTORES QUANTO AO
SEU USO AGRÍCOLA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável.

Orientadora: Prof. Dr. Fátima Maria Silva.

Coorientador: Prof. D. Ing. Ricardo Franci Gonçalves.

VITÓRIA

2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

Blanco Bená Filho, Natanael, 1989-

B638e Estruvita: identificação de potenciais perigos e eventos perigosos no processo de produção, percepção e aceitabilidade de agricultores quanto ao seu uso agrícola / Natanael Blanco Bená Filho. - 2019. 247 f. : il.

Orientadora: Fátima Maria Silva.

Coorientador: Ricardo Franci Gonçalves.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Estruvita. 2. Riscos a saúde humana. 3. Potenciais perigos. 4. Eventos perigosos. 5. Percepção de risco. 6. Aceitabilidade. I. Silva, Fátima Maria. II. Franci Gonçalves, Ricardo. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

NATANAEL BLANCO BENÁ FILHO

ESTRUVITA: IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS PERIGOS E EVENTOS PERIGOSOS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO, PERCEPÇÃO E ACEITABILIDADE DE AGRICULTORES QUANTO AO SEU USO AGRÍCOLA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (Modalidade Profissional) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável na área de concentração Saneamento Ambiental e Saúde Pública.

Aprovada em 17 de maio 2019.

COMISSÃO EXAMINADORA



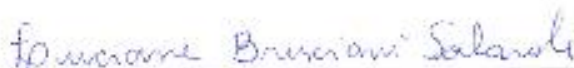
Prof. M.Sc. Fátima Maria Silva
Orientadora - PPGES / CT / UFES



Prof. D.Ing. Ricardo Franci Gonçalves
Coorientador - PPGES / CT / UFES



Prof. D.Sc. Gilson Silva Filho
Examinador Interno - PPGES / CT / UFES



Prof.ª D.Sc. Luciane Bresciani Salaroli
Examinadora Externa - PPGSC / CCS / UFES

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e por ser a minha força nos momentos em que minha mente e o meu corpo enfraqueceram durante todo esse tempo.

Aos meus pais Natanael Blanco Bená e Arlete Luzia da Paixão Bená, a minha irmã Bianca da Paixão Bená e a minha avó Deolanda Cortelleti por se fazer presente em todos os momentos difíceis, onde sempre me incentivaram a nunca desistir. Amo vocês!

Aos meus familiares, em especial aos meus primos Roberto Francisco Louzada Júnior, Renata Cortelleti Louzada e Adeline Borges Silva pelo apoio, preocupação e por ser ouvido em todos os momentos difíceis.

A minha "Best" Josiana Laporti, pela amizade, apoio intelectual e incentivo depositado antes mesmo de iniciar essa jornada, pessoa a quem compartilho mais essa vitória. Obrigado pela parceria de sempre.

A minha orientadora Dr. Fátima Maria Silva por acreditar em mim, pelos ensinamentos e principalmente por me permitir tomar decisões. Obrigado.

Ao meu coorientador D. Ing. Ricardo Franci Gonçalves "RF" pelos ensinamentos, pela contribuição tanto para o meu crescimento pessoal quanto profissional, pelos momentos compartilhados e principalmente pela confiança. Obrigado por tudo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, em especial às professoras Adriana Fiorotti Campos e Rosane Hein Campos, vocês são demais.

Aos meus amigos que se fizeram presente em todas as etapas da minha pesquisa, me apoiando e auxiliando nas análises laboratoriais: Mário Rodrigues Peres, Paulo Wagner Antunes, Nátaly Jimenez, Magmir Metzker Soares, Janaína Simões Lima, Lucas Alberguine Magalhães, Rodrigo Oss, Laila Vaz de Oliveira, Douglas Alvaristo, Raphael Conti, Mirela Bosi, Raquel Borges Machado e Priscilla Zancheta, sem o apoio de todos vocês certamente minha caminhada seria bem mais complexa.

Aos amigos do "Projeto Estruvita": Regiane Roque, Marina Memelli, Gabriel Boeuz, Camila Schimidel, Isabela Gava, Vinícius Brocco, Bruna Chieza e aos

demais voluntários que desde o início enfrentaram inúmeros momentos difíceis, porém de muita aprendizagem ao meu lado.

A família Núcleo Água, que estiveram juntos comigo desde o início, me apoiando, me incentivando, suportando minha ansiedade e atuando muitas vezes como psicólogos rsrs. Sem dúvida vocês tornaram minha jornada mais leve e divertida:

Solaine Sampaio, Fernanda Guzzo, Gabriela Boechat, Nattália Tose, Tatiana Izato, Wallace Krüger Júnior, Monique Lyrio, Maria Butron, Gabriel Franci, Larissa Miranda, Bruno Louzada, Gisele Lamberti, Ludimila Azeredo, Heleno Gonzáles, Graciele Belisário, Victor Gobetti, Renan Barroso, Larissa Paulino, Thaís Ayres, Davi Monticelli, Rodolfo Agostini, Lourenço Caliarí, Constansa Valadares, Gustavo Ferreira, Luiza Azevedo e Karina Sampaio.

Aos amigos do Labsan, que me aguentaram esse tempo todo com aquele odor agradável de “xixi” de gente e de vaca no laboratório, e posso falar mais: vocês foram fortes rsrs, em especial a Kézia Frizzera, Aline Dassoler, Ana Beatriz Lobo, Cristina Curti, Marcos Crover e os técnicos do laboratório.

Aos componentes da Rede Agrofapes: Aureliano Nogueira da Costa, Renate Wanke, Rafael Queiroz, Aline Silverol e Maria de Lourdes Soprani.

A Associação dos Pequenos Agricultores da Região Serrana do Estado do Espírito Santo (APARES), em especial ao Leomar Lírio pelo apoio em Ponto Alto.

Ao Laboratório de Espectrometria Atômica (LEA), em especial a Dr. Maria Tereza Weitzel Dias Carneiro Lima.

Ao Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (Propemm), em especial ao Dr. Leonardo Cabral Gontijo e a técnica Yandiara Barros.

Ao Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins (LUCCAR), em especial ao Flávio Cunha.

Ao Laboratório de Cromatografia (LABCROM), em especial ao professor Ph. D. Sérgio Túlio Alves Cassini.

A Fapes pela bolsa na modalidade AT-NS apoio técnico de nível superior, no projeto de nº 76441067 – PPE agro 06/2015, e ao incentivo a pesquisa.

"É graça divina começar bem.

Graça maior é persistir na caminhada certa.

Mas a graça das graças é não desistir nunca."

Dom Hélder Câmara

RESUMO

A precipitação química de estruvita tem recebido muita atenção nos últimos anos, diante da simplicidade, rapidez e confiabilidade na remoção de nutrientes na forma de cristais de estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$). No entanto, o desenvolvimento de metodologias que permitam a utilização da urina na produção de fertilizantes agrícola é muito limitada e requer cuidados especiais, haja vista que a urina, seja humana ou animal, pode apresentar concentrações de patógenos, elementos-traço, hormônios e outros fármacos, ambos associados aos riscos à saúde humana e nas contaminações ambientais. Nesse contexto, esta pesquisa visou identificar os potenciais perigos e eventos perigosos que podem oferecer risco à saúde dos usuários, ao longo das etapas do processo de produção da estruvita em pequena escala, bem como, conhecer a percepção e a aceitabilidade de pequenos agricultores acerca do uso da estruvita derivada de urina como fertilizante agrícola. Para tal, foi realizado um estudo quali-quantitativo, onde a caracterização físico-química e microbiológica teve o intuito de verificar o comportamento das amostras de urina durante o processo de estocagem no período de 30 dias. Entre os resultados obtidos, destacaram-se os valores detectáveis para *E. coli* e coliformes totais na urina feminina no trigésimo dia. Assim, verificou-se ser necessário um tempo maior de estocagem (≥ 6 meses) para garantir sua utilização de forma segura na agricultura. No tocante à presença de disruptores endócrinos foi empregado diferentes métodos de análise que tiveram como objetivo identificar com maior precisão os fármacos e os elementos-traço nas diferentes urinas. Os fármacos foram analisados por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência e os elementos-traços através da Espectrometria de Massa e Plasma Indutivamente Acoplado. Os resultados mostraram que ambos os micropoluentes foram detectados em concentrações muito baixas ($\mu g/mL$). As metodologias adaptadas de precipitação química se mostraram promissoras na obtenção de estruvita, sendo observada através do Microscopia Eletrônica de Varredura e comprovada diante do grau de pureza obtida por meio da Difração de Raios-X. Portanto, é possível afirmar que as substâncias presentes na estruvita não se configura relevantes ao seu uso na atividade agrícola. Partindo da metodologia de avaliação semi-quantitativa de risco foi adaptado um método que permitiu a identificação de potenciais perigos e eventos perigosos nas diferentes etapas de produção da estruvita e que após uma análise de risco possa auxiliar tomadores de decisões, durante a implementação do processo de produção da estruvita, a tomar suas decisões baseando-se nessa análise. Ainda, foi realizada uma coleta de dados a partir de um questionário misto semi-estruturado aplicado aos agricultores pertencentes a diferentes modalidades de produção agrícola do município de Domingos Martins, Espírito Santo, Brasil. Para a análise dos dados foi utilizada a técnica de Análise de Conteúdo, que permitiu a criação de categorias e subcategorias analíticas. Os resultados indicaram que estes trabalhadores compreendem os perigos que os fertilizantes representam ao meio ambiente e a saúde humana, embora muitas vezes os riscos não sejam percebidos de imediato. A aceitação de uso agrícola da estruvita, sobretudo derivada de urina de vaca, correspondeu a (36%) da preferência dos agricultores entrevistados.

Palavras-chave: Estruvita. Riscos a saúde humana. Potenciais perigos. Eventos perigosos. Percepção de risco. Aceitabilidade.

ABSTRACT

The chemical precipitation of struvite has received great attention in past years, due to its simplicity, speed and confiability to remove nutrients in the form of struvite cristals ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). However, the development of methods that allow the use of urine to produce agricultural fertilizer is very limited and require special care because both human and animal urines can present pathogens, trace-elements, hormones and other pharmaceuticals, which are linked with human health risk and environmental contamination. In this context, this study aimed to identify potential hazards and hazardous events that are likely to pose health risk to users through the steps involved in the production of struvite in small scale, as well as elucidate the perception and aceptability of farmers regarding the use of estruvita from urine as fertilizer. In order to achieve that, a quali-quantitative study was performed to caracterize changes in the physico-chemical and microbiological parameters of urine during a period of 30 days. Among the results, the detectable values for *E. coli* and total coliforms in the female urine on the thirtieth day were highlighted. Therefore, longer storage periods (≥ 6 meses) are needed to guarantee its safe use for agriculture purposes. With respect to the presence of endocrine disrupters, different methods of analysis were performed to identify pharmaceuticals and trace-elements in different urines with higher precision. Farmacos and trace-elements were analysed by High Performance Liquid Chromatography and Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, respectively. The results showed that both micro-pollutants were detected in very low concentrations ($\mu\text{g/mL}$). The adapted methodologies for chemistry precipitation were shown to be promising with respect to estruvita production. This was observed with the use of Scanning Electron Microscopy and further confirmed by its purity degree that was detected using X-ray Diffraction. Therefore, it is possible to assure that substances present in struvite are not relevants to its use in agricultural activities. Based on the methodology of semi-quantitative risk assessment, a method was adapted that allowed the identification of potential hazards and dangerous events in the different stages of struvite production and, after a risk analysis could help decision makers during the implementation of the process struvite production, to make its decisions based on this analysis. Also, a data collection was performed from a semi-structured mixed questionnaire applied to the farmers belonging to different agricultural production modalities of the municipality of Domingos Martins, Espírito Santo, Brazil. The Content Analysis technique, which allowed the development of analitical categories and sub-categories, was used for the determination of data. The results indicated that these farmers understand the hazards that fertilizers can impose to the environment and human health, although most of the time the risks are not perceived immediately. The acceptance of agricultural use of struvite, mainly derived from cow urine, corresponded to (36%) the preference of the farmers interviewed.

Key words: Struvite. Human health risk. Potential hazards. Hazardous events. Risk perception. Aceptability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Processo de análise de risco	29
Figura 2 - As proporções de nutrientes encontradas nas frações de águas residuárias na Suécia	47
Figura 3 - Estimativa preliminar da quantidade de nutrientes excretada anualmente pelo rebanho bovino do Espírito Santo através da urina	52
Figura 4 - Sanitário compartimentado	55
Figura 5 - (a) mictório feminino, (b) mictório masculino e (c) primeiro vaso compartimentado desenvolvido	57
Figura 6 - Frações reativas dos reagentes para a formação da estruvita	65
Figura 7 - Gráfico da curva de solubilidade limite da estruvita e da fração de ionização desenvolvida utilizando MINTEQA2 com um valor de força iônica estabelecida como constante $\alpha \mu=0,1$	71
Figura 8 - (a) mictório masculino, (b) mictório feminino.....	93
Figura 9 - Kit para medição de volume de urina.....	95
Figura 10 - Reservatórios de estocagem	96
Figura 11 - Planilha de frequência – “Raspadinha do xixi”	97
Figura 12 - Método de coleta da urina bovina durante a ordenha	98
Figura 13 - Meio de transporte utilizado durante as coletas de urina humana	99
Figura 14 - Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (CLAE)	103
Figura 15 - Espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).....	108
Figura 16 - Peneira granulométrica de aço inox - ASTM (230 μm)	111
Figura 17 - Utilização de tecido poroso, sob a peneira, durante a secagem do precipitado.....	111
Figura 18 - Difração de raios X por planos de átomos (A-A' e B-B)	113
Figura 19 - Difractômetro de Raios-X modelo D2 PHASER da Bruker	115
Figura 20 - Ficha PDF 15-762 da estruvita	116
Figura 21 - Metalizador modelo Desk V (Denton Vacuum®, Cherry Hill, NJ, Estados Unidos)	117
Figura 22 - Microscópio eletrônico de varredura JEOL JEM-1400	118
Figura 23 - Mapa de localização do Município de Domingos Martins e seus respectivos distritos, Espírito Santo, Brasil.....	123
Figura 24 - Sede da APARES – Associação dos Pequenos Agricultores da Região Serrana do Estado do Espírito Santo, localizada na comunidade de Ponto Alto	127
Figura 25 - Distribuição espacial dos sujeitos elegíveis da pesquisa no Município de Domingos Martins	128
Figura 26 - Reservatório cilíndrico utilizado no armazenamento da urina coletada	140
Figura 27 - Perfil cromatográfico da amostra padrão mix.....	146
Figura 28 - Sobreposição dos perfis cromatográficos referentes às amostras de urina masculina não fortificada (UM-Nfort) e fortificada (UM-Fort) com os fármacos de interesse.....	148
Figura 29 - Sobreposição dos perfis cromatográficos referentes às amostras de urina feminina não fortificada (UF-Nfort) e fortificada (UF-Fort) com os fármacos de interesse.....	149

Figura 30 - Sobreposição dos perfis cromatográficos referentes às amostras de urina bovina não fortificada (UB-Nfort) e fortificada (UB-Fort) com os fármacos de interesse.....	150
Figura 31 - Difratoograma de raios-X da amostra de estruvita derivada de urina masculina	168
Figura 32 - Difratoograma de raios-X da amostra de estruvita derivada de urina feminina.....	168
Figura 33 - Difratoograma de raios-X da amostra de estruvita derivada de urina bovina.....	169
Figura 34 - Micrografia da amostra de estruvita derivada de urina masculina	171
Figura 35 - Micrografia da amostra de estruvita derivada de urina feminina	172
Figura 36 - Micrografia da amostra de estruvita derivada de urina bovina	172

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Coleta das amostras de urina humana.....	93
Fluxograma 2 - Processo de produção da estruvita em pequena escala.....	121

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - <i>Boxplot</i> para volume médio diário de urina excretado entre homens e mulheres.....	137
Gráfico 2 - Gráfico de dispersão do volume médio em função do peso	138
Gráfico 3 - Comparação da aceitação nos dois prédios do CT	142
Gráfico 4 - Comparando a aceitação de homens e mulheres entre os prédios localizados no CT	143
Gráfico 5 - Variação da temperatura ao longo da estocagem	154
Gráfico 6 - Variação do pH ao longo da estocagem.....	155
Gráfico 7 - Variação do nitrogênio amoniacal ao longo da estocagem	156
Gráfico 8 - Variação da condutividade elétrica ao longo da estocagem.....	158
Gráfico 9 - Variação do fósforo ao longo da estocagem	158
Gráfico 10 - Variação da <i>E. coli</i> ao longo da estocagem.....	159
Gráfico 11 - Variação de Coliformes totais ao longo da estocagem.....	160
Gráfico 12 - Potenciais fontes de nutrientes do saneamento	193

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características gerais da urina humana.....	40
Quadro 2 - Considerações preliminares sobre o armazenamento da urina	59
Quadro 3 - Etapas metodológicas da pesquisa.....	91
Quadro 4 - Dados farmacocinéticos e reações adversas dos padrões cromatográficos utilizados na pesquisa.....	101
Quadro 5 - Princípios dos métodos de análise físico-química.....	107
Quadro 6 - Metodologia Participativa de Extensão Rural para o Desenvolvimento Sustentável - MEXPAR	130
Quadro 7 - Categoria e subcategorias para análise dos resultados.....	133
Quadro 8 - Formulário de identificação de potenciais perigos e eventos perigosos	174
Quadro 9 - Substâncias e produtos autorizados para o uso como fertilizantes e corretivos em sistemas orgânicos de produção	186

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gerenciamento das águas residuárias através de cores	38
Tabela 2 - Composição da urina humana em termos proporcionais dos principais nutrientes.....	42
Tabela 3 - Constituição qualitativa da urina humana, para efeito de aproveitamento de nutrientes	43
Tabela 4 - Caracterização físico-química da urina humana fresca levantada em diferentes literaturas.....	44
Tabela 5 - Volume diário e estimativa de produção de urina por cada micção	46
Tabela 6 - Análise química da urina de vaca fresca utilizada para a formação da estruvita.....	50
Tabela 7 - Norma Sueca para a utilização da urina na agricultura ^(a)	61
Tabela 8 - Reações químicas envolvidas na formação da estruvita e expressões para a concentração total de magnésio, amônia e fosfato em solução	69
Tabela 9 - Rendimento de hortaliças com uma média de três anos de ensaios de campo em Burkina Faso	76
Tabela 10 - Possíveis patógenos excretados pela urina e a importância como meio de transmissão	78
Tabela 11 - Concentração de elementos-traço presentes na urina humana fresca	83
Tabela 12 - Nutrientes contidos em 500 (L) de urina humana e a quantidade de fertilizante necessária para produzir 250 (Kg) de grãos/ano	85
Tabela 13 - Comparação entre os teores de nutrientes obtidos na estruvita e os presentes nos fertilizantes industriais.....	87
Tabela 14 - Distribuição dos mictórios secos no Centro Tecnológico	94
Tabela 15 - Pontos da curva de calibração dos padrões cromatográficos	105
Tabela 16 - Programa de aquecimento utilizado para a decomposição assistida por micro-ondas	109
Tabela 17 - Condições operacionais do ICP-MS.....	109
Tabela 18 - Resultados quantitativos	136
Tabela 19 - Períodos de campanhas de coleta de urina	140
Tabela 20 - Quantificação de fármacos em amostras de urina masculina, feminina e bovina não fortificada e fortificada com fármacos de interesse	152
Tabela 21 - Valores comparativos de Nitrogênio amoniacal e NTK no início e final do processo de estocagem	157
Tabela 22 - Concentração de elementos-traço obtidas por ICP-MS	163
Tabela 23 - Limites máximos de elementos-traço tóxicos admitidos em substratos para plantas.....	165
Tabela 24 - Fichas cristalográficas utilizadas na análise dos precipitados.....	167
Tabela 25 - Fases encontradas nas amostras	170

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APAGEES – Associação de Pequenos Agricultores do Estado do Espírito Santo
APARES – Associação dos Pequenos Agricultores da Região Serrana do Estado do Espírito Santo
APHA – Standard Methods for The Examination of Water and Wasterwater
ASTM – American Society for Testing and Materials
CAC – Codex Alimentarius Commission
CLAE – Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CPC – Cooperativa Mista de Produção e Comercialização Camponesa do Estado do Espírito Santo
CRAS – Centro de Referência de Assistência Social
CT – Centro Tecnológico
C_T – Concentrações totais dos constituintes
DEs – Disruptores Endócrinos
DRX – Difração de Raios-X
E. coli – *Escherichia coli*
ETA – Estação de Tratamento de Água
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICP-MS – Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
ICV – Instituto Chão Vivo
IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária
IFES – Instituto Federal do Espírito Santo
IJSN – Instituto Jones do Santos Neves
INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
ISO – International Organization for Standardization
IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry
K_{SD} – Constante do produto de solubilidade

LABCROM – Laboratório de Cromatografia

LABPETRO – Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Análise de Petróleos da UFES

LABSAN – Laboratório de Saneamento da UFES

LD – Limite de Detecção

LEA – Laboratório de Espectrometria Atômica

LQ – Limite de Quantificação

LUCCAR – Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins

MAP e MAP – Fosfato de Amônio e Magnésio Hexahidratado

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

MPA – Movimento de Pequenos Agricultores

NMP – Número mais provável

NTK – Nitrogênio Total Kjeldahl

NÚCLEO ÁGUA – Núcleo de Bioengenharia Aplicada ao Saneamento da UFES

OCS – Organização de Controles Sociais

ODM – Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

OMC – Organização Mundial do Comércio

OMS – Organização Mundial da Saúde

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde

pH – Potencial Hidrogeniônico

pK – Produto de solubilidade

PROPEMM – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais

P_s – Produto de solubilidade condicional

RPM – Revolution per minute

SSSU – Sanitários Secos de Separação de Urina

SSU – Sanitários Segregadores de Urina

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UB – Urina Bovina

UF – Urina Feminina

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UH – Urina Humana

UM – Urina Masculina

UNICEF – Fundo das Nações Unidas para a Infância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 OBJETIVOS	25
2.1 OBJETIVO GERAL	25
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	26
3.1 CONCEITUAÇÃO DE RISCO	26
3.1.1 Análise de risco	28
3.1.2 Percepção de risco	32
3.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS, ESCASSEZ DE RECURSOS E RECUPERAÇÃO DE NUTRIENTES	34
3.2.1 Águas amarelas	38
3.3 PRINCIPAIS FORMAS DE TRATAMENTO DA URINA E EXTRAÇÃO DOS NUTRIENTES	53
3.3.1 Coleta segregada	55
3.3.2 Estocagem	58
3.3.3 Transporte e esvaziamento	62
3.3.4 Precipitação química de estruvita	63
3.3.5 Redução de volume	73
3.4 USO DA ESTRUVITA DERIVADA DE URINA HUMANA E BOVINA COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA.....	74
3.4.1 Riscos associados ao reuso direto da urina e/ou uso da estruvita	74
3.4.2 Eficiência agrônômica e valores nutricionais da estruvita	84
4 MÉTODO	91
4.1 ETAPA 1.....	92
4.1.1 Caracterização quantitativa da urina humana (UH)	92

4.1.2 Caracterização quantitativa da urina bovina (UB)	97
4.1.3 Transporte das amostras	99
4.1.4 Caracterização qualitativa da urina e estruvita de origem humana e bovina	99
4.2 ETAPA 2	118
4.2.1 Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos	118
4.3 ETAPA 3	122
4.3.1 Delimitação da área de estudo	122
4.3.2 Sujeitos da pesquisa	126
4.3.3 Mobilização social	129
4.3.4 Coleta de dados	130
4.3.5 Análise dos dados	133
4.4 QUESTÕES ÉTICAS	134
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	135
5.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DA URINA HUMANA (UH)	135
5.1.1 Aspectos quantitativos	135
5.1.2 Avaliação da aceitabilidade dos mictórios secos instalados	139
5.2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DA URINA BOVINA (UB)	144
5.3 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA	145
5.3.1 Análise de detecção e quantificação de fármacos e hormônio na urina . 145	
5.3.2 Comportamento das amostras durante o processo de estocagem	153
5.3.3 Análise para determinação de elementos-traços nas amostras de urina	161
5.3.4 Precipitação química da urina humana em escala de bancada, filtração e secagem do precipitado	165
5.3.5 Precipitação química da urina bovina em escala de bancada, filtração e secagem do precipitado	166

5.3.6 Caracterização química e microestrutural do precipitado.....	166
5.4 IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS PERIGOS E EVENTOS PERIGOS	173
5.5 PERCEPÇÃO DE RISCO.....	180
5.5.1 Perfil dos entrevistados.....	180
5.5.2 Análise da categoria: Conhecendo a percepção de risco de agricultores	181
5.5.3 Análise da categoria: Avaliando a aceitabilidade de agricultores	189
6 CONCLUSÃO	199
REFERÊNCIAS.....	202
APÊNDICE A.....	236
APÊNDICE B.....	237
APÊNDICE C.....	241
ANEXO	243

1 INTRODUÇÃO

Um tema atual de discussão é a precariedade das condições sanitárias e ambientais que a população mundial vem enfrentando. Estima-se que cerca de 1,8 bilhões de pessoas não possuem acesso à água de qualidade e 2,4 bilhões de pessoas em áreas rurais e urbanas carecem de condições adequadas de saneamento básico para dispor às suas excretas. Mais de 90% dos esgotos gerados nos países em desenvolvimento são descarregados sem tratamento em corpos d'água (LANGERGRABER; MUELLEGGER, 2005; UNICEF; WHO, 2015) e assim, contribuem para os processos de eutrofização devido à presença de nitrogênio e fósforo (ZHANG et al., 2016; MARTÍ et al., 2017). A aplicação excessiva de fertilizantes de ação rápida também aumenta os riscos de eutrofização (MENG et al., 2016) que traz graves consequências para a biota aquática, tanto quanto para o abastecimento de água destinados aos usos domésticos e industriais (PASTOR et al., 2008).

Os sistemas convencionais centralizados de abastecimento de água e esgotamento sanitário apresentam-se inseridos num modelo linear, onde as excretas humanas são consideradas descartáveis. Estes sistemas são muito utilizados em países industrializados, onde implica-se altos custos, impactos ambientais consideráveis e elevados consumos de água e energia, o que não se constitui em uma solução sustentável de saneamento para países em desenvolvimento (GUIMARÃES et al., 2014).

A implantação do Saneamento Sustentável foi uma solução definitiva de saneamento baseando-se no princípio do aproveitamento de recursos e reciclagem de nutrientes (BOTTO et al., 2012). Foi evidenciado o valor das águas residuárias como recurso utilizável (JOHANSSON et al., 2000; GANROT, 2005) a partir do qual seus nutrientes recuperados, contribuem na redução do consumo de água e energia. Sendo assim é possível agregar valores com a utilização de resíduos e ainda permitir maximizar o desenvolvimento ambiental através da diminuição dos impactos negativos, no econômico devido à minimização dos investimentos e no social por meio da promoção da saúde (KONÉ, 2007; ETTER et al., 2011).

De acordo com os autores Ishii e Boyer (2015) e Taddeo e outros (2018); as ações de reciclagem de nutrientes se colocam como questões centrais na bioeconomia circular e nas restrições energéticas, pois garantem converter resíduos em recursos renováveis e sustentáveis que sejam capazes de atender às demandas da agroindústria, ao mesmo tempo, reduzir os impactos ambientais, melhorar a proteção ambiental e ainda promover a segurança alimentar das populações.

Os estudos referentes à recuperação de nutrientes são abrangentes e a partir deles, surgem inúmeras técnicas capazes de aplicar o saneamento sustentável em diversos setores, como na saúde e na agroecologia. Todas essas técnicas são voltadas a segurança alimentar das populações e também para a adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

O processo de modernização da agricultura ficou conhecido com a Revolução Verde. Iniciada na década de 1960, o modelo baseava-se na incorporação de pacotes tecnológicos de suposta aplicação universal que visavam à maximização dos rendimentos das cultivares e contribuía no desenvolvimento de modernos sistemas de produção agrícola. No entanto, tal processo acarretou diversos impactos no espaço geográfico mundial e brasileiro, devido ao uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos, que até hoje é um fator trivial no campo e presente na vida cotidiana de muitos agricultores distribuídos pelo mundo. Contudo, em oposição ao modelo supracitado, surgiu a biotecnologia: ciência voltada ao aumento da produtividade com qualidade nutricional e melhores preços de mercado, assim como a agricultura alternativa que se propôs ser uma opção ao modelo de agricultura convencional (ANDRADES; GANIMI, 2007; MATOS, 2010).

Considerada como tendência na economia mundial, a economia verde também leva em consideração a finitude dos recursos naturais e constituem marcos dentro dos quais as atividades de produção, distribuição e consumo poderão ter lugar. Nesse contexto, recuperar e utilizar nutrientes de potenciais fontes do saneamento são formas promissoras de aumentar a sustentabilidade na produção de alimentos (JÖNSSON et al., 2004).

Nas águas residuárias, as águas amarelas (urina) representam menos de 1% de seu volume total. Entretanto, esse volume é o suficiente para considerá-la como a fração que contém a maior parte dos nutrientes (JÖNSSON et al., 2005), porém

que não são aproveitados (LARSEN; GUJER, 1996; FITTSCHEN; HANN, 1998; JOHANSSON et al., 2000; RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b).

Com base nos valores nutricionais identificados quanto à composição da urina humana, crescente é a sua utilização na produção de alimentos (ZANCHETA, 2007). Outra fonte de matéria-prima viável é a de animais, em especial das vacas, considerada com uma excelente alternativa agroecológica de reduzir a dependência de fertilizantes pelos produtores rurais, principalmente os integrantes da agricultura familiar (GADELHA; CELESTINO; SHIMOYA, 2002).

No entanto, o desenvolvimento de metodologias que permitem a utilização da urina na produção de fertilizantes agrícola é muito limitada e requer cuidados especiais, haja vista que tanto a urina, seja humana ou animal, podem apresentar concentrações de hormônios e outros fármacos (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006; ZANCHETTA; PENA; GONÇALVES, 2015), elementos-traço (KARAK; BHATTACHARYYA, 2011) e patógenos (DECREY et al., 2011), ambos associados aos riscos à saúde humana e nas contaminações ambientais (LANDRY; BOYER, 2016).

É notório que a saúde humana e os impactos ambientais estão interligados, e quando os produtos gerados por um sistema de saneamento são passíveis de serem reaproveitados como recursos utilizáveis, os problemas de saúde e os aspectos relacionados à redução de riscos precisam ser considerados (STENSTRÖM et al., 2011).

Na melhoria da técnica e/ou implementação de novos sistemas, as considerações sobre os riscos à saúde devem sempre ser parte integrante do planejamento e da tomada de decisões do processo. A exposição humana aos diferentes agentes deve ser reduzida no contexto do sistema contra patógenos, ao contato com substâncias perigosas e outros potenciais perigos (STENSTRÖM et al., 2011).

Porém, esses fatores supracitados não se configuram relevantes ao uso da urina na atividade agrícola, desde que sejam aplicados aos métodos de tratamento adequados para evitar a propagação de doenças (ESREY et al., 1998; LARSEN; GUJER, 1996; WINKER et al., 2009).

As principais etapas propostas para o gerenciamento sustentável da urina e extração dos nutrientes são: coleta segregada; transporte seguro; tratamento por estocagem; técnicas de recuperação de nutrientes e aplicação agrícola. Todas essas etapas devem ser adotadas visando à estabilização das características físico-química e microbiológicas da urina (ZANCHETA, 2007).

A coleta segregada consiste na instalação de dispositivos secos que promovam a separação na fonte (MKHIZE et al., 2017). Essa separação da urina na fonte permite a redução dos custos e contribui para a diminuição de carga de nutrientes nos sistemas de tratamento de águas residuárias, evita a contaminação fecal cruzada e, assim, reduz a concentração de patógenos na urina (OTTERPOHL, 2001; MAURER; PRONK; LARSEN, 2006). A coleta segregada de urina, seguida por estocagem, é considerada a forma de tratamento preferível por se mostrar simples e eficiente (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006).

A precipitação da estruvita é considerada uma tecnologia limpa e ambientalmente desejada para um gerenciamento sustentável dos nutrientes presentes na urina e de outras matrizes do saneamento (BAN, 1998; LIND, BAN, BYDÉN, 2000; YETILMEZSOY et al., 2017). Todos os nutrientes recuperados na forma de estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) podem ser aplicados como fertilizante (LIND, BAN, BYDÉN, 2000; BATTISTONI et al., 2005; ELDIWANI et al., 2007; UYSAL; YILMAZEL; DEMINER, 2010; METHA; BATTISTONI, 2013; YE et al., 2014). Entretanto, garantir a segurança no uso dos fertilizantes produzidos a partir da urina, em especial a humana, requer uma avaliação abrangente dos riscos à saúde humana (BISCHEL et al., 2015).

A presença de patógenos que se acumulam dentro dos cristais de estruvita durante o processo de precipitação e após o processo de filtração pode inviabilizar e restringir a sua aplicação na agricultura (DECREY et al., 2011). No entanto, a proporção de agentes patogênicos na estruvita seca é considerada como ausente, pois a urina excretada já apresenta pouca concentração de patógenos, seguida de segregação do material fecal, os valores são menores e ainda com o tratamento e secagem esses valores são drasticamente extintos (FEACHEM et al., 1983).

A urina humana possui uma baixa concentração de elementos-traço (VON MÜNCH; WINKER, 2011), pois cerca de 90% dessas substâncias são excretados junto às

fezes. Após o processo de cristalização da estruvita, os valores de elementos-traço nos cristais não possuem valores detectáveis (RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007a). O mesmo ocorre com as concentrações de hormônios e outros fármacos contidos na urina humana que são reduzidas em 98% durante o processo de precipitação química da estruvita (RONTELTAP, MAURER; GUJER 2007a).

Desta forma, a partir de investigações detalhadas sobre a composição da estruvita recuperada de urina humana, alguns autores apontaram que a mesma não apresenta concentrações de micropoluentes orgânicos em sua composição, sendo considerada após tratamento adequado como produto limpo e dotado de um alto potencial para ser aplicado na agricultura (TETTENBORN; BEHRENDT; OTTERPOHL, 2007; RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b).

Sendo assim, esta dissertação tem com eixo principal a identificação dos potenciais perigos e eventos perigosos que podem oferecer risco à saúde dos usuários, ao longo das etapas do processo de produção e uso de estruvita em pequena escala, a partir da urina, bem como, conhecer a percepção e a aceitabilidade de pequenos agricultores acerca do uso da estruvita derivada de urina como fertilizante agrícola.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os potenciais perigos e eventos perigosos que podem oferecer risco à saúde dos usuários, ao longo das etapas do processo de produção e uso de estruvita em pequena escala, a partir da urina, bem como conhecer a percepção e avaliar a aceitabilidade de pequenos agricultores acerca do uso da estruvita derivada de urina como fertilizante agrícola.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Analisar a composição físico-química e microbiológica da urina humana e da urina bovina, inclusive no tocante à presença de disruptores endócrinos (substâncias farmacêuticas e elementos-traço);
- ii. Identificar os potenciais perigos oferecidos à saúde dos usuários em todas as etapas do processo de produção da estruvita em pequena escala, a partir da urina humana e bovina;
- iii. Conhecer a percepção de risco de pequenos agricultores diante da proposta de produção de estruvita.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONCEITUAÇÃO DE RISCO

O conceito de risco mais amplamente utilizado se aproxima a um perigo mais ou menos definido (PERES, 2002), ou a probabilidade de perigo, geralmente com ameaça física para o homem e/ou para o ambiente (HOUAISS, 2001; SOUZA; ZANELLA, 2009).

Segundo Flynn e Slovic (2000), o conceito de risco surgiu com o intuito de ajudar a enfrentar e compreender os perigos e as incertezas da vida. Falar de risco, não significa dizer que algo seja totalmente ruim, pois o uso dessa palavra pode conotar “perigo” ou “incerteza”, mas também pode possuir outros significados, não implicando somente em resultados de prejuízos, ao passo que pode representar uma tomada de decisão. Prova disso é que ao se analisar a etimologia da palavra risco, nota-se que sua origem surge do Italiano *risicare*, cujo significado é “ousar” (BERNSTEIN, 1997; BALDAM; VALLE; ROZENFELD, 2014).

É evidente que o conceito de risco está associado às palavras “perigo” e “incerteza”, pois nas mais variadas definições de riscos encontradas na literatura, todas consideram a incerteza e o perigo como um componente do risco (WANG; ROUSH, 2000). No entanto, não existe um consenso quanto à sua definição e aos elementos que o compõem. Ainda, com base nos resultados apresentados por Calil (2009), é possível dar diferentes abordagens ao risco dependendo do enfoque que se almeja.

O “perigo” pode ser definido como um prejuízo potencial que pode recair sobre pessoas, sendo que este pode ser um agente químico ou físico (KUMAMOTO; HENLEY, 1996). De acordo com Wang e Roush (2000) o perigo está baseado somente nas consequências potenciais de um evento perigoso indesejado, sem considerar as probabilidades do evento acontecer realmente. O conceito de perigo é unicamente associado à gravidade das consequências de um evento perigoso.

A palavra “incerteza” é definida como a expressão do grau de desconhecimento de uma determinada condição futura ou a incapacidade de predizer e/ou previsão

imperfeita dos eventos futuros. Desta forma, entende-se como incerteza uma situação na qual não se conhece completamente a probabilidade de que ocorra determinado evento (KUMAMOTO; HENLEY, 1996; SÁNCHEZ, 2005).

De acordo com a definição dada pelos autores Sanders e McCormick (1993), o risco é definido com a probabilidade ou chance de ocorrer uma lesão ou morte. Já o perigo é entendido como uma condição ou um conjunto de circunstâncias que têm o potencial de causar ou contribuir para uma lesão ou morte.

Segundo Holton (2004), risco é definido como sendo a exposição a algo, o qual é incerto. Para Saldanha (2000) o risco é a probabilidade de se concretizar um evento. Contudo, COSO (2004) afirma que o risco é a possibilidade de ocorrência de um evento que afeta de maneira adversa os objetivos de uma organização. O risco pode ser estimado em função da probabilidade da ocorrência de um efeito adverso à saúde e da severidade desse efeito (doença ou condição), causado por um perigo ou perigos potenciais existentes. Os autores Lammerding e Paoli (1997) e a ANVISA (1999) apontam que a diminuição do risco está associada à redução desses fatores.

De acordo com Ayach e outros (2012), os riscos são resultados da relação entre ameaça e vulnerabilidade, pois apresentam uma estreita dependência entre si. Quando avaliados, os riscos nos campos da saúde, trabalho e meio ambiente, podem ser compostos pela exposição ao perigo, incertezas do risco e/ou relevância da perda/dano em decorrência de processos naturais ou associados às relações humanas (YATES; STONE, 1992; CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005), onde se configura elemento comum a distinção entre realidade e possibilidade (FONSECA et al., 2007).

O estudo de risco é considerado como uma investigação multidisciplinar, podendo proporcionar discussões teórico/práticas dos diversos tipos de riscos (AYACH et al., 2012). Rebelo (2010, p.27) enfatiza que dentre os estudos existentes, chega-se à conclusão de que o risco “[...] corresponde a um processo ou a um sistema de processos com características que podem prejudicar, direta ou indiretamente, o homem e que será tanto maior quanto maior for a sua exposição a esse processo(s) [...]”.

Partindo desse ponto, o caráter multidisciplinar exige uma metodologia de análise de risco com participação dos grupos de interesse no processo, para que seja possível estimar, prever e dimensionar os danos potenciais para que assim, se possa planejar uma estratégia eficiente de gerenciamento dos riscos (FAO; WHO, 2006).

3.1.1 Análise de risco

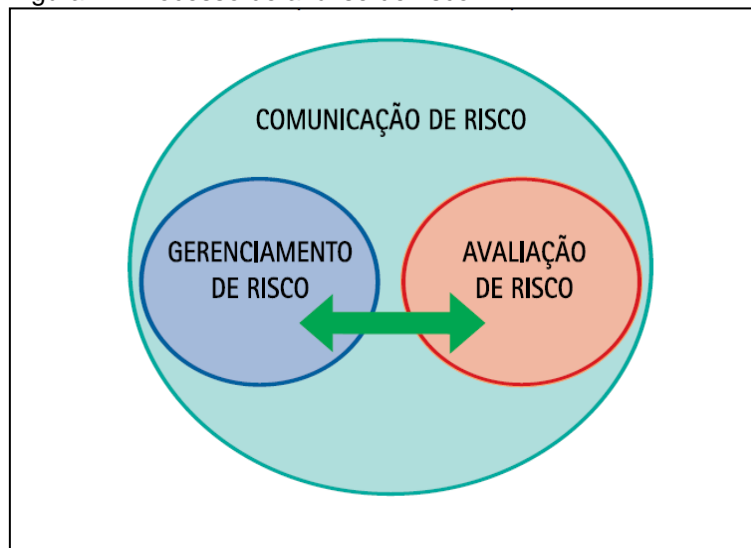
A análise de risco tem sido uma ferramenta utilizada para a redução das doenças transmitidas por alimentos e água, e que contribui para o fortalecimento dos sistemas de segurança alimentar (OPAS; OMS, 2009). Dentro da abordagem científica, a análise de risco permite maximizar o conhecimento, minimizando o relativismo nas decisões relacionadas ao risco (SLOVIC, 1987).

A análise de risco permite identificar os riscos em um determinado local, a chance de os mesmos ocorrerem e o momento certo para tomar ações que evitem danos a curto, médio e a longo prazo. Ainda, a análise de risco pressupõe a quantificação e/ou qualificação dos seus efeitos para a coletividade em termos de prejuízos materiais e imateriais, além de determinar as prioridades dos riscos identificados (CASTRO; PEIXTO; RIO, 2005; LEAL; PINHO; ALMEIDA, 2006; DAĞSUYU et al., 2016).

É função da análise de risco produzir uma estimativa da probabilidade da ocorrência e da magnitude de efeitos adversos causados por perigos potenciais, permitindo uma avaliação de aceitação ou não do risco. Função esta que se estende nas incertezas associadas à estimativa que também deverão ser descritas na análise de risco (OPAS; OMS, 2009).

A análise de risco é formada basicamente por três componentes (Figura 1): o gerenciamento de risco, a avaliação de risco e a comunicação de risco (CAC, 1997; ANVISA, 1999) e pode ser realizada por autoridades internacionais, nacionais e regionais (FAO; WHO, 2006). No entanto, uma análise de risco, dependendo da natureza da análise, pode ser composta por inúmeras etapas (WANG; ROUSH, 2000).

Figura 1 - Processo de análise de risco



Fonte: FAO e WHO (2006).

No Brasil, a análise de risco é prevista na Resolução nº 17, de 30 de abril de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA/Ministério da Saúde onde aprovou-se o Regulamento Técnico com as Diretrizes básicas para avaliação de risco e a segurança dos alimentos (ANVISA, 1999). Sua aplicação ganhou maior relevância após o seu estabelecimento de medidas sanitárias e fitossanitárias (SPS) e diante da aceitação e uso pela Organização Mundial do Comércio (OMC) em 1994.

3.1.1.1 Gerenciamento de risco

O Gerenciamento de risco é entendido como processo de ponderação para a seleção de diretrizes, podendo fazer do uso de recursos humanos, financeiros e tecnológicos de modo preventivo, e que tem por finalidade evitar acidentes, danos à saúde das pessoas e ao meio ambiente (CAC, 1997).

O gerenciamento de risco consiste basicamente em análise e controle do risco. Análise é um processo técnico e científico pelo qual os riscos de um sistema, em uma dada situação, são modelados, quantificados e ponderados. Por outro lado, o controle do risco procura incluir a prevenção do incidente e a mitigação de suas consequências (AYYUB, 2005).

Uma vez que o risco apresenta potencial danoso ou benéfico ao alcance da organização, o mesmo deve ser gerenciado. Assim, é possível garantir que todas as oportunidades e/ou ameaças sejam identificadas e controladas (ABNT, 2009).

O gerenciamento de risco é formado por quatro componentes e a sua análise é iniciada pela equipe de gerenciamento de risco (FAO; WHO, 1997), dentre eles:

- I. As atividades preliminares do gerenciamento do risco compreendem: a exploração inicial do problema; a elaboração do perfil de risco; a definição dos objetivos do gerenciamento de risco; as decisões sobre a necessidade/facilidade de uma avaliação de risco; a definição da política da avaliação do risco¹; o planejamento para avaliação do risco; a interpretação dos resultados da avaliação de risco e o ranqueamento dos problemas em segurança alimentar;
- II. A identificação e seleção das opções de gerenciamento de risco que consiste na identificação e seleção das opções de gerenciamento de risco;
- III. A implementação das decisões do gerenciamento de risco que consiste em validar e implementar os controles de risco; e
- IV. O monitoramento e revisão: consiste no monitoramento e revisão do resultado de controle.

Ainda, de acordo com a norma ABNT ISO/IEC Guia 73 (ABNT, 2005), a gestão do risco deve englobar além da análise, avaliação e o tratamento, a aceitação do risco que tem o intuito de controlá-los e a comunicação de riscos, que consiste na troca ou compartilhamento das informações sobre o risco com as partes envolvidas (*stakeholders*).

3.1.1.2 Avaliação de risco

A avaliação de risco consiste no levantamento sistemático e na análise dos dados relevantes sobre o risco, bem como os fatores que o influenciam, para a produção

¹ É uma série de guias documentadas que orientam as decisões realizadas na avaliação do risco, seguindo critérios científicos (CAC, 2003).

de uma estimativa da probabilidade da ocorrência e do impacto dos efeitos adversos (CAC, 1997).

De acordo com OPAS e OMS (2009) a avaliação de risco é um processo científico capaz de fornecer todas as informações científicas necessárias para auxiliar na compreensão da natureza e na extensão do risco para a saúde humana e, quando necessário realizar as interferências mitigadoras do risco.

O processo de avaliação do risco é formado por quatro componentes (CAC, 1997; CAC, 1999; FAO; WHO, 2008):

- I. A identificação do perigo que tem como objetivo descrever as características do perigo;
- II. A caracterização do perigo que consiste na análise qualitativa e/ou quantitativa da natureza da gravidade e da duração dos efeitos adversos à saúde;
- III. A avaliação da exposição que é uma análise qualitativa e/ou quantitativa que tem como objetivo determinar o tamanho e a natureza da população exposta, a concentração e a duração de sua exposição;
- IV. A caracterização de risco que é uma estimativa qualitativa e/ou quantitativa da probabilidade que tem por objetivo estimar a probabilidade e a magnitude da exposição ao perigo que inclui a ocorrência, detecção e a severidade de um efeito adverso, conhecido ou em potencial, em uma determinada população, incluindo as incertezas associadas a essa estimativa.

Para a avaliação de risco, inúmeros são os métodos empregados, podendo esses serem: qualitativos, quantitativos ou semi-quantitativos, ambos criados a fim de identificar os riscos nas fases de estimativa/valorização do risco. Entre eles destacam-se: Análise Preliminar de Riscos, Análise dos Modos e Efeitos e Falhas - FMEA, Estudo de Perigos e Operabilidade - Hazop, Guia de Avaliação de Riscos Método Simplificado, Método Integrado de Avaliações de Risco entre outros (MENDONÇA, 2013).

A Matriz de Risco é também uma ferramenta de avaliação de risco que classifica, qualitativamente, onde a incerteza de eventos em potencial é avaliado a partir de duas perspectivas – probabilidade e impacto (BRASIL, 2017).

No entanto, em termos metodológicos, não existem regras fixas para a realização de uma avaliação de risco, pois quaisquer que seja o método que se pretenda implementar, a abordagem deverá ser eficiente e suficientemente detalhada ao passo de permitir uma adequada hierarquização dos riscos e consequente controle (MENDONÇA, 2013).

3.1.1.3 Comunicação de risco

A comunicação de risco deve acompanhar todo o processo de análise de risco, uma vez que é de fundamental importância o diálogo (interno e externo às organizações) entre o gerente de risco, avaliadores, consumidores, indústrias, comunidades científicas e outros interessados (CAC, 1997).

3.1.2 Percepção de risco

Todo indivíduo possui capacidade de interpretação das informações que o cerca e assim quando colocado frente a uma situação de risco, ele tende a responder com base em suas crenças, imagens, conhecimentos e experiências. A partir dessa interpretação, ele toma decisões, e essa resposta é denominada percepção de risco (SMITHSON, 1989; PERES; ROZEMBERG; LUCCA, 2005).

A percepção de risco é definida como uma [...] habilidade de interpretar uma situação de potencial dano à saúde ou à vida da pessoa, ou de terceiros [...] (WIEDEMANN, 1993, p.7, tradução nossa) apresentando-se como ideias sobre prevenção e as ações empreendidas sobre determinados fenômenos que foram culturalmente construídos e/ou interpretados (NICTER, 1989).

Portanto, só há risco quando este é passivo de observação, e pode ser mensurado diante de uma experiência vivida. O risco e as respostas ao risco são construtos sociais (DOUGLAS; WILDAVSKY, 1982). Ainda, Veyret (2007) afirma que o risco só existe quando um indivíduo ou população o percebe e/ou sofre seus danos. Portanto é possível compreender, através de estudos de percepção de riscos, como

uma determinada população ou indivíduo percebe e se comporta diante dos riscos, aceitando e/ou rejeitando determinados riscos, além de entender porque esses indivíduos vivem em áreas insalubres (SOUZA; ZANELLA, 2009).

Segundo Slovic (1999), a perspectiva de risco real (probabilidade de risco) e risco percebido (percepção de risco) possuem duas dimensões diferentes, uma vez que as teorias de probabilidade de risco são criações mentais e sociais definidas em termos de graus de crença.

Para Sjöberg e Fromm (2001), a população em geral tende a perceber mais os riscos que os benefícios de uma determinada tecnologia. Dentre os estudos sobre riscos, vale ressaltar a abordagem psicométrica do risco (SLOVIC; FISCHHOFF; LICHTENSTEIN, 1980; SLOVIC, 1987; SLOVIC, 1992; SLOVIC, 2000) e as abordagens culturais e sociais (DOUGLAS; WILDAVSKY, 1982; DOUGLAS, 1992; DOUGLAS, 1999). Elas se resumem na noção de que os seres humanos percebem o mundo através de um filtro de valores e a partir dele surge à busca de significados que se configuram como a dimensão central da pesquisa (FONSECA et al., 2007).

Dentro desse contexto, entende-se que o risco em si, não seria o fator mais impactante, mas sim as percepções da situação de risco, pois elas envolvem interpretações, avaliações e julgamentos (FONSECA et al., 2007).

A gravidade dos perigos e a extensão de seus efeitos, bem como a mensuração da probabilidade de ocorrência são fatores considerados pelos indivíduos no processo de percepção e avaliação dos riscos (ANDRADE; MICCOLES, 2012). Além disso, existem circunstâncias ou fatores qualitativos (alguns ou mesmo todos) que se encontram subjacentes às percepções de risco, que são mobilizadas mentalmente pelo indivíduo durante a avaliação do risco (SLOVIC; FISCHHOFF; LICHTENSTEIN, 1981; SLOVIC, 1987).

A presença dessas circunstâncias pode variar entre grupos e contextos sociais, na formação de opinião e na capacidade de tolerância e convivência com determinados riscos (SJÖBERG, 1994). Dentre elas apresenta-se: familiaridade com a fonte do risco; a aceitação voluntária do risco; a confiança nas fontes de informação disponíveis sobre o risco; o grau de certeza associado à previsão dos efeitos do risco; o impacto previsível que o risco terá nas gerações futuras, entre outros riscos (SLOVIC; FISCHHOFF; LICHTENSTEIN, 1981; SLOVIC, 1987).

3.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS, ESCASSEZ DE RECURSOS E RECUPERAÇÃO DE NUTRIENTES

Estima-se que 1,8 bilhões de pessoas no mundo não possuem acesso à água de qualidade e 2,4 bilhões de pessoas em áreas rurais e urbanas carecem de condições adequadas de saneamento básico para dispor às suas excretas. Mais de 90% dos esgotos gerados nos países em desenvolvimento são descarregados sem tratamento em corpos d'água (LANGERGRABER; MUELLEGGER, 2005; WHO, 2006; WHO; UNICEF 2015).

De acordo com a WHO e UNICEF (2000), uma em cinco pessoas no mundo não tem acesso à água de qualidade para beber e a cada duas em cinco não possuem acesso a saneamento básico seguro e suficiente. O quadro é ainda pior para as populações em países em desenvolvimento, considerando as realidades de condições de extrema pobreza, das moradias em periferias urbanas e principalmente as habitações em zonas rurais.

A cada dez pessoas sem acesso às práticas adequadas de saneamento, sete delas vivem em zonas rurais, o que representa 49% da população rural segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) (WHO; UNICEF, 2015).

Os sistemas convencionais centralizados de abastecimento de água e esgotamento sanitário são muito utilizados em países industrializados. Os problemas são o alto custo na construção das unidades, sua operação e manutenção; os impactos ambientais do lançamento excessivo de nutrientes, fármacos, patógenos entre outros nos corpos hídricos; a desvalorização dos efluentes do saneamento quanto ao seu potencial nutricional e o elevado consumo de água tratada e energia, o que não se constituem em solução sustentável de saneamento (WERNER et al., 2009; MEINZINGER; OLDENBURG; OTTERPOHL, 2009; GUIMARÃES et al., 2014).

O sistema convencional de saneamento apresenta-se num modelo linear onde as excretas (fezes e urina) são consideradas descartáveis. Entretanto, os autores Johansson e outros (2000), Ganrot (2005) e Etter e outros (2011), evidenciaram o valor das águas residuárias como um recurso utilizável, a partir do qual seus

nutrientes recuperados, contribuem na redução no consumo de água e energia. Sendo possível agregar valores com a utilização de resíduos e ainda permitir maximizar o desenvolvimento ambiental pela diminuição dos impactos negativos, o econômico devido à minimização dos investimentos e o social, por meio da promoção da saúde.

A implantação do Saneamento Sustentável em diversos países vem sendo vista como alternativa inteligente aos sistemas de tratamento de esgoto com propósito de suprir certas deficiências do âmbito da sustentabilidade e economicidade, bem como uma solução definitiva de saneamento, capaz de reverter o quadro atual do ciclo urbano da água. O Saneamento Sustentável baseia-se nos caminhos naturais dos ecossistemas e no ciclo fechado de materiais “*Closed loop*”, em especial no princípio da reciclagem de nutrientes do saneamento para fins produtivos e na eliminação do carregamento hídrico das excretas humanas e animais (LARSEN; GUJER, 1996; ESREY et al., 1998; MANILA, 2003; SASSE, 2005; LANGERGRABER; MUELLERGGER, 2005; WINKER et al., 2009; WERNER et al., 2009; MEINZINGER; OLDENBURG; OTTERPOHL, 2009; BOTTO et al., 2012).

Ainda com vistas à sustentabilidade, o princípio NEXUS *water-food-energy* apresenta-se como um conceito de interligação entre os sistemas energético, hídrico e alimentar, abordando a interdependência dos sistemas (WINKER et al., 2009). A água, a energia e os nutrientes são as principais áreas que precisam ser endereçados para implementar o desenvolvimento sustentável tanto no meio rural como nas áreas urbanas (LEDEZMA et al., 2015).

O aumento das descargas de nutrientes (nitrogênio, fósforo e outros) nos cursos d'água, devido ao lançamento de esgotos sem tratamento, vem contribuindo para processos de eutrofização, onde pode ocasionar “*Bloom*” de algas que reduz a penetração de luz e conseqüentemente contribui na depleção de oxigênio que afeta o desenvolvimento dos organismos aeróbios. Com a queda de oxigênio, as algas morrem e assim cria-se uma situação séptica no corpo hídrico (ESREY et al., 2001; RANDALL, 2003; LAPOINTE et al., 2005; SHU et al., 2006; HOWARTH; MARINO, 2006; JARVIE et al., 2006; KUMAR et al., 2013; VON SPERLING, 2014; ZHANG et al., 2016; SCHINDLER et al., 2016; JIA et al., 2017; DEGRYSE et al., 2017; MARTÍ et al., 2017). Outro risco potencial de eutrofização é a aplicação excessiva de

fertilizantes de ação rápida (CHANEY, 2012; MENG et al., 2016) que traz graves consequências tanto para a biota aquática, tanto quanto para o abastecimento de água destinados aos usos domésticos e industriais (PASTOR et al., 2008).

O aumento dos riscos de eutrofização é proporcional ao aumento populacional, pois a quantidade de nutrientes excretada torna-se biodisponíveis no ambiente aquático (ABEL-DENEE; ABBOTT; ESKICIOGLU, 2018). De acordo com Bott e outros (2012) as Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) estão buscando regulamentações mais rigorosas para mitigar os impactos nos corpos hídricos.

O lançamento de efluentes devidamente tratados retarda os processos de eutrofização e reduz os seus efeitos negativos sobre o meio ambiente (WPCF, 1983). Contudo, a remoção de nutrientes tem se tornado uma meta em função das restrições e critérios estabelecidos pelos órgãos ambientais fiscalizadores quanto à disposição adequada dessas substâncias (KUMAR; PAL, 2013).

A demanda na produção de fertilizantes químicos tem aumentado cerca de 1,8% ao ano para garantir o suprimento de alimentos à crescente população mundial (LEDEZMA et al., 2015). O fluxo linear de nutrientes da indústria para a agricultura aumenta continuamente o consumo de recursos naturais e este fenômeno provoca a insustentabilidade (CHANEY, 2012).

O fósforo é o décimo primeiro elemento mais abundante na terra, sendo essencial para todos os organismos vivos, e encontra-se pouco disponível no solo. Devido a este fato, os agricultores complementam essa deficiência com fertilizantes industrializados para aumentar o rendimento das cultivares, o que induz o desenvolvimento global da indústria de mineração de rochas sedimentares ricas em fosfato. Vale ressaltar que as reservas naturais de fósforo são limitadas e que seu ciclo de reposição na natureza é extremamente lento. Este fato pode ocasionar abalos gravíssimos nas estruturas de produção de alimentos, além de contribuir em um maior custo econômico e energético para exploração do fósforo (DRIVER; LIJMBACH; STEEN, 1999; GILBERT, 2009; CORDELL; DRANGERT; WHITE, 2009; LE CORRE et al., 2009; ANTONINI et al., 2011; ASHLEY; CORDELL; MAVINIC, 2011; CORDELL et al., 2011; SCHOLZ et al., 2014; RAHAMAN et al., 2014; HÖVELMANN; PUTNIS, 2016).

A linha do tempo de esgotamento das reservas de rochas fosfáticas varia de 50 a 100 anos (STEEN, 1998; SMIL, 2000; GUNTHER, 2005; DÉRY; ANDERSON, 2007; CORDELL; DRANGERT; WHITE, 2009; LE CORRE et al., 2009). Estudos têm mostrado que a taxa de extração das reservas de fosfato economicamente disponíveis atingirá o pico entre 2030 a 2040, após a demanda exceder a oferta (CORDELL; DRANGERT; WHITE, 2009). Entretanto, a indústria de fertilizantes reconhece que a qualidade das reservas está em declínio e o custo de extração, processamento e transporte estão aumentando (RUNGE-METZGER, 1995; DRIVER, 1998; SMIL, 2000).

Diante da possível diminuição das reservas de fósforo, a recuperação deste e de outros nutrientes se torna essencial à agricultura moderna e as águas residuárias tornam-se uma opção cada vez mais interessante devido às suas características químicas (ELSER; BENNETT, 2011; STOLZENBURG et al., 2015; HÖVELMANN; PUTNIS, 2016).

Outro problema ambiental relacionado à produção de fertilizantes industriais refere-se ao nitrogênio. Estudos indicam que a produção agrícola é a grande responsável pelo crescente aumento do nitrogênio reativo, que inclusive vem contribuindo para as mudanças climáticas (LOURO; VOLSCHAN JÚNIOR; ÁVILA, 2012).

Embora o nitrogênio não seja uma matéria-prima depletável, sua fixação industrial requer um intensivo gasto de energia e recursos. A urina fornece o nitrogênio fixo na forma de amônia ou ureia, que é um material valioso na produção de fertilizante (PRONK; KONÉ, 2009). A recuperação de nutrientes na forma de estruvita é apontada como uma solução estratégica na diminuição de problemas ambientais (NANCHARIAH; VENKATA MOHAN; LENS, 2016).

Estudos apontam que se recuperado ou reutilizado, os excrementos humanos poderiam satisfazer 1/3 da demanda global de nitrogênio e 1/5 da demanda global de fósforo (BONVIN, et al., 2015). Desta forma, a proteção do meio ambiente e a redução da dependência brasileira de importação de insumos são as grandes motivações nacionais para legislar a recuperação do fósforo e do nitrogênio a partir de resíduos do saneamento (LOURO; VOLSCHAN JÚNIOR; ÁVILA, 2012; KLEEMANN et al., 2015).

3.2.1 Águas amarelas

Águas amarelas é um termo utilizado para caracterizar a urina, quando a mesma é coletada em vasos compartimentados ou mictórios, separada das fezes e posteriormente reutilizada como fertilizante agrícola (RIOS, 2008; COSTANZI et al., 2010).

A origem da expressão águas amarelas surgiu a partir do gerenciamento de águas residuárias realizado pelo Saneamento Sustentável, conforme é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Gerenciamento das águas residuárias através de cores

Gerenciamento de cores das águas residuárias				
Tipos de águas residuárias	Águas Negras		Água Cinza	Água Azul
	Água amarela	Água Marrom		
	Urina	Fezes	Chuveiro, pias da cozinha, lavatório, tanque e máquina de lavar roupa	Chuva
Formas de tratamento	Estocagem, congelamento, precipitação e evaporação	Digestor anaeróbio, compostagem	Wetlands, tratamento biológico, Tecnologia de membrana	Filtração, tratamento biológico etc.
Aplicação	Fertilizante líquido ou sólido (estruvita)	Biogás condicionante do solo	Irrigação, reuso	Irrigação, reuso direto

Fonte: Adaptado de Werner e outros (2003a).

A caracterização dos diferentes tipos de águas residuárias contribui na obtenção de informações a respeito do efluente pesquisado, permite caracterizá-lo e a definir o tratamento mais adequado que atenda aos requisitos de qualidade exigidos, principalmente nos aspectos envolvidos na reciclagem de nutrientes (BAZZARELLA, 2005).

3.2.1.1 Urina humana (UH)

A urina humana é uma solução aquosa produzida no corpo humano, secretado pelos rins por um processo de ultrafiltração do sangue chamado micção, a mesma e excretada pela uretra (HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005; KARAK; BHATTACHARYYA, 2011).

A urina é excretada do organismo como forma de balancear a quantidade de líquidos e sais presentes no corpo humano. Em geral, ela é uma solução complexa de água (96%), que contém (4%) de outras substâncias diversas em sua composição, como: o cloreto de sódio (NaCl) e nutrientes, sendo nitrogênio o elemento encontrado em maiores concentrações nas formas de ureia [CO(NH₂)₂] (75-90%), amônia (NH₃) (7%) e creatina (6%). Já o restante encontram-se como aminoácidos livres ou pequenos peptídeos (LENTNER; LENTNER; WINK, 1981; GUYTON, 1992; KIRCHMANN; PETTERSSON, 1995; FITTSCHEN; HAHN, 1998; ALMEIDA; BUTLER; FRIEDLER, 1999; HELLSTRÖM et al., 1999; LIND; BAN; BYDÉN, 2001; VINNERÅS, 2001; HEINONEN-TANSKI et al., 2007).

A urina pode conter compostos de baixo peso molecular (KARAK; BHATTACHARYYA, 2011). Porém, Guyton e Hall (2006), afirmam que urina excretada é livre de proteínas e desprovida de elementos celulares como as hemácias. No entanto, além da água, outros produtos gerados no metabolismo humano são excretados, como: a ureia, creatinina, ácido úrico, produtos finais da quebra da hemoglobina e metabólitos de diferentes fármacos.

Ainda sobre, Ritschel e Kearns (1999) afirmam que a urina se comporta com uma via importante para a excreção de fármacos (hormônios, antibióticos, entre outros). Estes são metabolizados no fígado, o que melhora a sua solubilidade em água, de modo que eles possam ser degradados e nos rins, excretados por meio da urina. Assim a urina pode conter micropoluentes dissolvidos e devido a sua mobilidade, é propenso que sejam transportados para a biota aquática. Todavia, a literatura médica não possui avaliação sistemática ou tão poucos apontamentos estatísticos. Pesquisas recentes indicam que os efeitos tóxicos dos fármacos se dão por aditivos e os valores são difíceis de serem definidos (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006).

De acordo com Richert e outros (2011) os micropoluentes excretados na urina apresentam baixos riscos potenciais para saúde em comparação a urina associada com o sistema de saneamento comum. Seus efeitos negativos sobre a quantidade e qualidade das culturas também são insignificantes.

3.2.1.1.1 Características quali-quantitativas da urina humana

A urina humana apresenta algumas características que geralmente são analisadas durante os ensaios laboratoriais e desta forma, valem ser destacadas, uma vez que em algumas situações adversas ao seu estado normal podem indicar alterações no estado de saúde do indivíduo (Quadro 1) (OYAMA, 2013).

Quadro 1 - Características gerais da urina humana

(Continua)

Urina humana	
Características	Informações gerais
Cor	<ul style="list-style-type: none"> • Cor normal: amarelada. Resultante da excreção de três pigmentos originados no metabolismo normal do organismo: o urocromo (amarelo), uroeritrina (vermelho) e a urobilina (laranja); • A coloração da urina indica a concentração urinária e o grau de hidratação do indivíduo. Entretanto, a pigmentação de cor pode ser interferida por meio da ingestão de alguns corantes alimentares e certos medicamentos.
Odor	<ul style="list-style-type: none"> • O odor normal da urina é característico e ocasionado pela presença de ácidos aromáticos voláteis; • Com o envelhecimento, a urina adquire um odor forte de amoníaco pela transformação bacteriana da ureia em amônia; • Infecções no trato urinário tornam o odor da urina pútrido; • Odores anormais podem ser encontrados em situações de anormalidades do metabolismo de aminoácidos.
Densidade	<ul style="list-style-type: none"> • A densidade normal da urina varia entre de 1,010 a 1,030 e ela indicada a concentração de sólidos totais dissolvidos na urina. Segundo Diogo e outros (2000) a densidade normal da urina varia entre 1.008 kg/L a 1.003 kg/L; • Como ela varia com o volume urinário e com a quantidade de solutos excretados, principalmente cloreto de sódio e ureia, pode ser considerado um bom indicador do estado de hidratação/desidratação do indivíduo;

(Continuação)

Urina humana	
Características	Informações gerais
Densidade	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações no valor da densidade da urina podem ser encontradas em: <ul style="list-style-type: none"> - Densidade alta pela presença de glicose; - Densidade baixa pela excreção de grandes volumes urinários; - Densidade baixa pela perda da capacidade de concentração urinária.
pH	<ul style="list-style-type: none"> • O pH urinário reflete a capacidade dos rins em manter a concentração dos íons hidrogênio no plasma e nos líquidos extracelulares.
Aspectos	<ul style="list-style-type: none"> • A urina tem um aspecto claro e transparente logo após a sua liberação. Com o passar do tempo, ela tende a se apresentar turva pela presença de muco e a precipitação de cristais; • Bactérias, piócitos, hemácias e cristais diversos podem ocasionar turbidez na urina; • O aspecto normal da urina é: transparente, opaca ou turva.

Fonte: Adaptado de Lopes (2004).

A urina humana é rica em nutrientes, todos provenientes da alimentação e que por algum motivo foram excretados devido a não utilização no crescimento celular ou no consumo de energia metabólica. A urina humana contém mais macronutrientes e pequenas frações de micronutrientes quando excretada.

Em termos proporcionais, a urina contém cerca de 70 - 90% de nitrogênio, 45 - 80% de fósforo, 50 - 90% de potássio e enxofre 100% e que não são aproveitados na agricultura, conforme a Tabela 2.

Dados de produção: uma pessoa adulta produz em média cerca de 450 a 550 litros de urina por ano (JÖNSSON et al., 1999; DRANGERT, 1998; VINNERÅS, 2001; JÖNSSON et al., 2004; HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005). Inclusos nesse valor estão cerca de 1.500 a 5.000 g/pessoa.ano de nitrogênio; 300 - 750 g/pessoa.ano de fósforo e 900 - 1.800 g/pessoa.ano de potássio, o que corresponde a aproximadamente de 1,5 a 5 kg N/p.d; 0,3 a 0,75 kg P/p.d e 0,9 a 1,8 kg K/p.d (ESREY et al., 1998; LANGE; OTTERPOHL, 2000; JOHANSSON et al., 2000; MAURER; SCHWEGLER; LARSEN, 2003; JÖNSSON et al., 2005; VINNERÅS et al., 2006; WINKER et al., 2009; VON MÜNCH; WINKER, 2011; RICHERT et al., 2011). A concentração desses nutrientes na urina a cada micção é de 3 a 7,5 g/L para nitrogênio; 0,5 g/L de fósforo e 1,6 g/L de potássio (RICHERT et al., 2011; ZANCHETA, 2007).

Tabela 2 - Composição da urina humana em termos proporcionais dos principais nutrientes

Referências	Percentual de nutrientes (%)			
	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Enxofre
Wolgast (1993); Albold (2002)	90	50-65	50-80	-
Kirchmann e Pettersson (1995); Fittschen e Hahn (1998); Maurer, Schwegler e Larsen (2003)	88	67	73	-
Larsen e Gujer (1996)	85-90	50-80	80-90	100
Kärman e outros (1999)	70	50	50	-
Johansson (2000); Schönning (2002); Jönsson (2002); Stenström e outros (2011)	80	55	60	-
Lange e Otterpohl (2000); Otterpohl, Braun e Oldenburg (2003)	87	50	54	-
Larsen e outros (2001)	80	50	90	-
Stowa (2002)	80	45	-	-
Vinnerås e Jönsson (2002b)	88	75	55	-
Höglund e outros (2002)	80	55	-	-
Jönsson e outros (2004)	70-90	50-70	-	-
Heinonen-Tanski; Van Wijk-Sijbesma (2005)	80-90	50-65	50-85	-
Beal e outros (2007)	80	50	60	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

Diariamente a excreção de ureia em adultos varia entre 11,8 e 23,8 g e a relação entre nitrogênio total e ureia é de aproximadamente 0,8 g (LARSEN; GUJER, 1996; FITTSCHEN; HAHN, 1998). Contudo, ainda é possível identificar presentes na urina humana, na forma solúvel em água, o fósforo que pode ser encontrado na forma de fosfatos (H_2PO_4^- ou HPO_4^{2-}), o potássio como um componente iônico (K^+), o cálcio (Ca) e os sulfatos (SO_4^{2-}) (NOUR et al., 2006; LIND; BAN; BYDÉN, 2001). Dotada de um odor desagradável, a urina é um líquido instável, mas permite por meio da separação direta na fonte, promover a reciclagem de seus nutrientes para posterior uso agrícola (Tabela 3) (LARSEN; LIENERT, 2003). Parte dos nutrientes presentes na urina são considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas,

onde o nitrogênio é aproveitado na forma de ureia, o fósforo como ortofosfato e o potássio como íon livre (KIRCHMANN, PETTERSSON, 1995).

Tabela 3 - Constituição qualitativa da urina humana, para efeito de aproveitamento de nutrientes

Tipos de substância	Origem	Observações
Ureia, amoníaco e ácido úrico	UH	Cada ser humano elimina de 14 a 42 g de ureia por dia.
Fosfatos	UH	Cada ser humano elimina, em média pela urina 1,5 g/dia.
Carbonatos	UH	-
Urobilina, pigmentos hepáticos, etc.	UH	Vão se constituir na porção de matéria orgânica em decomposição, encontrada nos esgotos.
Cloreto de sódio	UH	Cada ser humano elimina pela urina de 7 a 15 g/dia.

Fonte: Nuvolari (2003).

A urina humana possui um potencial elevado de toxicidade, pois a concentração de íons de sódio varia entre 900 mg/L e 3.200 mg/L (KIRCHMANN; PETTERSSON, 1995; DAGERSKOG; BONZI, 2010). A presença de sais como sódio (Na^+) e o cloreto (Cl^-) é uma preocupação quando se pretende utilizar a urina como biofertilizante. De acordo com a concentração, estes compostos são prejudiciais às plantas e ao solo, devendo-se, portanto realizar ações preventivas para minimizar os efeitos maléficos destes sais (BOTTO et al., 2012).

A composição físico-química da urina humana fresca, levantada com base em diferentes literaturas, estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Caracterização físico-química da urina humana fresca levantada em diferentes literaturas

Referências	Parâmetros físico-químicos							
	pH	Condutividade (mS cm ⁻¹)	Nitrogênio Total Kjeldhal (mg N-NH ₃ L ⁻¹)	Nitrogênio amoniacoal (mg N-NH ₃ L ⁻¹)	Ureia (mg CO (NH ₄) 2 L ⁻¹)	Fósforo total (mg P L ⁻¹)	Potássio (mg K L ⁻¹)	Cloreto (mg Cl- L ⁻¹)
Kirchmann e Pettersson (1995)	8,90-8,96	-	1795 – 2610	570 – 773	152,5 – 222	200 - 210	875 - 1150	2240 - 2250
Udert; Larsen e Gujer (2003)	7,2	-	5810	254	5810	367	2170	3830
Ban e Dave (2004)	6,32-6,90	-	8000	-	-	1800	-	-
Udert; Larsen e Gujer (2006)	6,2	-	8830	460	-	800 - 2000	2740	4970
Tettenborn e outros (2007)	6,2	-	9200	480	7700	408 - 740	1360 - 2200	-
Heinonen-Tanski e outros (2007)	-	-	2400-3100	-	-	150 - 230	590 - 1300	-
Etter e outros (2011)	5,5 - 5,6	22,6	4450	-	4450	-	1870	6620
Botto e outros (2012)*	6,7 - 7,5	19,3 - 34,7	5736 - 9701	1711-3333	-	563 - 591	1417 - 1012	10198 -11520
Guimarães e outros (2014)	6,7 - 8,1	2,3 - 3,5	854 - 1378	113 - 421	-	-	-	-

*Urina fresca de homens e mulheres (após dois dias de coleta).

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O volume excretado de urina é bastante variável em função do sexo, idade, tamanho do indivíduo, percentual de gordura corporal do organismo. Esse volume depende também de fatores fisiológicos do próprio metabolismo como a ingestão de líquidos, perda de água e sais minerais pela transpiração, além de fatores relacionados a atividade física, clima local, a hora do dia, o dia (diferencia de um dia para o outro) a saúde e o estilo de vida do indivíduo, bem como as características ligadas à dieta, principalmente ao teor de proteínas ingeridas e fatores ambientais (LENTNER et al., 1981; SULLIVAN; GRANTHAM, 1982; FEACHEM et al., 1983; WOLGAST, 1993; LARSEN; GUJER, 1996; JÖNSSON et al., 1997; FITTSCHEN; HAHN, 1998; ALBOLD, 2002; VINNERÅS; JÖNSSON, 2002; RAUCH et al., 2003; JÖNSSON; VINNERÅS, 2004; JÖNSSON et al., 2005; HEINONEN; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005; TETTENBORN; BEHRENDT; OTTERPOHL, 2007; RONTELTA; MAURER; GUJER, 2007; HUANG et al., 2010; KARAK; BHATTACHARYYA, 2011; RICHERT et al., 2011; STENSTRÖM et al., 2011; BOTTO, 2013). De acordo com Zancheta (2007) o clima local e a quantidade de água ingerida são os principais fatores que contribuem na variação da composição química e do volume de urina produzido.

Conforme apresentado anteriormente, a quantidade de urina eliminada pelo organismo humano varia muito de um indivíduo para outro em função de diversos fatores. Para as mulheres, o valor padrão de micção varia de 300 a 400 ml, já para os homens esse valor varia entre 400 a 600 mL de urina a cada ato (SOUSA et al., 2008).

A variação do volume de urina excretada pelo corpo humano é tão grande de pessoa para pessoa, que podem ser detectados desde valores muito baixos como 0,5 L/dia para indivíduos considerados desidratados, até valores muito altos (GUYTON; HALL, 2006). No entanto, Zancheta (2007) afirma que o volume da urina não varia muito se comparado com o peso corporal. Estudos feitos apontaram que o volume médio de urina gerado diariamente por uma pessoa adulta saudável é de aproximadamente 1,19 a 1,57 L, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Volume diário e estimativa de produção de urina por cada micção

Volume de urina humana (L. pessoa/dia)			Pesquisadores/ano	Estimativa da produção de urina por cada micção (mL micção ⁻¹)	
Mínimo	Médio	Máximo		(A)*	(B)*
0,69	1,57	2,50	Fittschen e Hahn (1998)	196	224
1,00	1,50	2,50	Rauch e outros (2003)	188	214
0,70	1,19	1,73	Sousa e outros (2008)	149	170
0,80	-	1,50	Richert e outros (2011)	-	-
0,59*	-	1,19*	Schouw e outros (2002)	-	-
1,00*	-	1,29*	Feachem e outros (1983)	-	-
-	-	1,49*	Vinnerås e outros (2006b)	-	-
0,60*	-	1,08*	Jönsson e outros (1999)	-	-
	1,50		Almeida, Butler e Friedler (1999)	250	250
-	1,50	-	Wolgast (1993)	-	-
-	1,25	-	Bazzarella (2005)	130	149
-	1,35	-	Rebouças e outros (2007)	-	-
-	1,40	-	Rios e outros (2008)	183	209
-	1,23	-	Zancheta (2007)	148	169
-	-	-	Soares e outros (2011)	217	217

* Valores calculados considerando que a densidade da urina seja 1.008 kg/ L (Diogo et al., 2000).

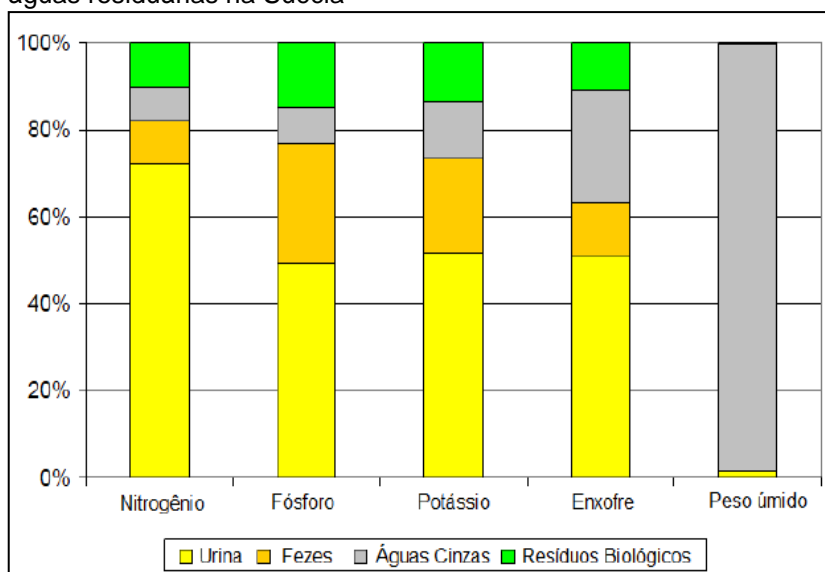
* Onde (A) e (B) são os volumes calculados a partir da frequência de 7 micções diárias relatadas por Vinnerås et al., (2006b) e de 8 micções por Soares e outros (2011) e Zancheta (2007).

Fonte: Adaptado de Guimarães e outros (2014).

Ainda sobre, Almeida, Butler e Friedler (1999) afirmam que são eliminados 250 mL de urina *per capita* em cada ato de urinar. Logo sabendo que em média, a produção de urina diária por pessoa adulta é na ordem de 1 a 1,5 L, pode-se calcular que a frequência diária seja de 4 a 5 vezes, desconsiderando uma vez que seria para excreção da urina junto com as fezes (WOLGAST, 1993; RAUCH et al., 2003; FITTSCHEN; HAHN, 1998).

A urina humana representa aproximadamente valores entre 0,4 a 1% do volume total das águas residuárias (JÖNSSON et al., 2000; JÖNSSON, 2002; MAURER; MUNCKE; LARSEN, 2002; HÖGLUND et al., 2002; BEAL et al., 2007). Entretanto, esse volume é o suficiente para considerá-la como a fração que contém a maior parte dos nutrientes presentes no esgoto sanitário (Figura 2).

Figura 2 - As proporções de nutrientes encontradas nas frações de águas residuárias na Suécia



Fonte: Adaptado de Jönsson e outros (2005).

A urina influencia na composição físico-química dos esgotos sanitários, uma vez que a carga média de fósforo identificada é de 1,2 g/hab.d e o valor encontrado na urina é o equivalente a 57% da carga de fósforo. Já a média de nitrogênio contida no esgoto é de 9,5 g/hab.d, o valor encontrado corresponde aproximadamente 90% (ZANCHETA, 2007).

3.2.1.2 Urina bovina (UB)

A urina bovina é um subproduto da pecuária que se encontra largamente disponíveis e em grandes quantidades nas propriedades rurais. Rica em nutrientes, a urina das vacas conserva e melhora a fertilidade do solo, não possui valor econômico, reduz os custos de produção, não é marca registrada de empresas, não causa risco à saúde do produtor rural e possui fácil aplicação. Diante dessas vantagens apresentadas pela urina de vaca, os agricultores poderiam se preocupar, em nível de propriedade e meio ambiente, de recuperar esses nutrientes contidos na urina e aplicá-los na agricultura (PESAGRO, 2001).

Conforme dados obtidos de fontes do Governo Federal, o rebanho bovino do Espírito Santo totalizava 2.221.748 cabeças em 2015, correspondendo à cerca de 1,03% do rebanho brasileiro (BRASIL, 2015).

A composição química da urina bovina está diretamente relacionada a diversos parâmetros, sendo parte desses fisiológicos do organismo dos próprios animais: tipo de animal (idade, sexo, raça, espécie), peso e tamanho corporal, o clima de localização residente dos animais e principalmente as características relacionadas aos hábitos alimentares, principalmente ao teor de proteínas, açúcares e amido presentes em quantidades elevadas nas rações, que são fornecidas em detrimento ao tipo de sistema de criação. As vacas adultas eliminam cerca de 80% dos nutrientes que ingerem, enquanto que os animais mais jovens excretam 50% deste total (KIEHL, 1985; PRABHU; MUTNURI, 2014).

3.2.1.2.1 Características quali-quantitativas da urina bovina

O consumo de água é maior quando ocorre um aumento da temperatura ambiente, disponibilidade de água e da qualidade do alimento. Os horários de ingestão de água dos bovinos estão relacionados aos padrões diurnos de pastejo e descanso, e a frequência de consumo, em especial para as vacas é em torno de 5 vezes por dia, variando de 1 a 6 vezes (ARNOLD; DUDZINSKI, 1978; PEREIRA, 2005).

A evaporação da água em forma de suor, com finalidade de termorregulação, em climas quentes, aumenta a necessidade de ingerir água pelos animais. Para aumentar a utilização da água, os bovinos ao invés de reduzirem o volume urinário, eliminam urina mais concentrada (PEREIRA, 2005).

Segundo Delaval (2005) apud Souza (2007a), a micção é assim como a defecação, um ato involuntário nos bovinos, e da mesma forma também é determinado principalmente pelo tipo de dieta. A frequência que uma vaca urina pode variar de 4 a 10 vezes por dia. Contudo, outros autores afirmam que a frequência diária em que os bovinos urinam variam entre 8 a 10 vezes, o equivalente a um volume de 10 a 25 L/dia, com área de atuação de 0,28 a 0,37 m² por micção (HAYNES, WILLIAMS, 1993; MATHEWS; SOLLENBERGER; TRITSCHLER, 1996; CARRAN,

THEOBALD, 1999). Ainda, segundo estudos realizados por da Silva e outros (2001), o volume médio que é excretado por uma vaca adulta é de aproximadamente 10,87 a 11,11 L/dia de urina.

Denominada de *gomutra* na Índia, a urina bovina é composta por 95% de água, 2,5% de ureia e sais minerais e os 2,5% restante, uma mistura de hormônios e enzimas. Ainda, de acordo com os autores Pareek e outros (2015) a urina de vaca aumenta o poder imunológico do corpo humano, protegendo-o contra infecção viral e bacteriana, e isso, ocorre pelo fato de a mesma conter todos os elementos considerados essenciais e vitais para se manter a saúde do corpo humano, e assim, ajudando-o no combate de diversas doenças. Entre os elementos com respostas terapêuticas destacam-se: o nitrogênio, fosfato, amônia, potássio, enxofre, cobre, sódio, manganês, ácido carbólico, cálcio, sal, vitamina (A, B, C, D e E), lactose, enzimas e o ácido hipúrico.

A urina bovina possui uma quantidade elevada de macro e micronutrientes que são essenciais à nutrição e desenvolvimento das plantas (Tabela 6). Entre os nutrientes destacam-se o potássio e o nitrogênio em maiores concentrações e outros tais como: o fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, boro, cobre, zinco, sódio, cloro, cobalto, molibdênio, alumínio (< 0,1 ppm), além de fenóis que são substâncias com capacidade de aumentar a resistência das plantas (BACILA, 1980; GADELHA; CELESTINO; SHIMOYA, 2002). Segundo o Pesagro (2001) os fenóis e os hormônios estão em maiores concentrações na urina das vacas em lactação.

A ocitocina é um hormônio neuro-hipofisário peptídeo composto por nove aminoácidos, sendo conhecido principalmente por sua capacidade de estimular ejeção de leite das vacas. Em condições naturais, esse hormônio é liberado através da pituitária posterior e causa contração das células musculares que circundam os alvéolos do leite na glândula mamária para a descida do leite (KNIGHT; HIRST; DEWHURST, 1994; BRUCKMAIER; BLUM, 1998). A ocitocina bem como outros hormônios estão envolvidos na contratilidade uteriana das vacas em lactação (HEPPELMANN et al., 2018).

Tabela 6 - Análise química da urina de vaca fresca utilizada para a formação da estruvita

Referências	Parâmetros físico-químicos						
	pH	Condutividade (mS cm ⁻¹)	Nitrogênio Total Kjeldhal (mg Ntotal L ⁻¹)	Nitrogênio amoniacoal (mg N-NH ₃ L ⁻¹)	Ureia (mg CO (NH ₄) ₂ L ⁻¹)	Fósforo total (mg P L ⁻¹)	Potássio (mg K L ⁻¹)
Safley Júnior e outros (1984)	-	-	11.500	-	-	200	7.950
Singh e outros (2013)	7,8	-	7.900	-	-	-	-
Mohanty e outros (2014)	-	-	6.800	-	4.692 - 14.904	-	-
Prabhu e Mutnuri (2014)	6,5	-	-	105	305	-	-
Ganesapillai e Simha (2015)	-	-	-	-	10.500	-	-
Karak e outros (2015)	8,11	37,8	-	-	-	390	12.340

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A ocitocina sintética é frequentemente aplicada nas vacas antes da ordenha para melhorar a ejeção do leite (PRAKASH et al., 2009). Seu uso indiscriminado é uma prática comum em países subdesenvolvidos, pois facilita o processo de ordenha e aumenta a produção de leite. Entretanto, o uso prolongado da ocitocina pode produzir desequilíbrios fisiológicos que não apenas afetam a composição do leite, mas também reduz a qualidade do mesmo, podendo torná-lo impróprio para uso. Dados relatados sobre as propriedades da ocitocina mostram que as alterações da composição do leite são escassos e fornecem as bases para pesquisas (HAMEED et al., 2014).

Entretanto Prakash e outros (2009), que confirmam em diversos estudos a presença do hormônio ocitocina no leite. Assim, uma investigação científica detalhada é necessária para elucidar e determinar os níveis de ocitocina no leite de animais tratados com o fármaco.

O potássio, o nitrogênio e o sódio são os principais nutrientes eliminados na urina bovina (MATHEWS; SOLLENBERGER; TRITSCHLER, 1996) e a porcentagem de concentração dos mesmos está diretamente relacionada à dieta ingerida pelos animais. A cada micção, é excretado por uma vaca adulta o equivalente a 400-500 kg de N/ha (JARVIS; SCHOLEFIELD; PAIN, 1995) e mais de 1000 kg de K/ha (CASTILLA; AYARZA; SANCHEZ, 1995).

A urina bovina contém uma maior quantidade de potássio em relação à urina humana, entretanto a sua concentração de nitrogênio e fósforo é bem menor se comparada à urina humana. Ainda, segundo Johansson e outros (2001), na Suécia são aplicados em torno de 2,3 milhões de toneladas de urina animal por ano na agricultura.

Os teores de nutrientes presentes nas fezes bovinas variam de acordo com o tipo de sistema em que o animal é criado, e da mesma forma variam a composição química da urina. A dieta dos bovinos criados no sistema extensivo (criado solto) é basicamente obtida por meio de pastagens, diferentemente da alimentação oferecida aos bovinos criados em sistema intensivo (criado confinado), onde a dieta balanceada é dotada de um alto valor energético, baseada nas suas exigências nutricionais visando à otimização do ganho de peso de acordo com o potencial genético do bovino. Entretanto, uma parte da

dieta oferecida aos animais confinados não é totalmente absorvida pelo metabolismo bovino, então é excretada na forma de urina e fezes, podendo contribuir para uma elevada concentração de nutrientes em espaços geográficos relativamente pequenos (CARDOSO, 1996; PACIULLO; CASTRO; MULLER, 2011).

Outro aspecto relevante é a presença de microcontaminantes tais como: hormônios (endógenos e exógenos), antibióticos e outros aditivos alimentares que podem se acumular nas excretas dos bovinos, o que desperta o interesse em propor soluções de tratamentos para a recuperação de nutrientes que sejam livres de substâncias prejudiciais às culturas agrícolas e posteriormente a saúde dos consumidores (CARDOSO, 1996; PACIULLO; CASTRO; MULLER, 2011).

Ainda, Varel, Nienaber e Freetly (1999) afirmam que a urina proveniente de bovinos confinados retém menos de 20% de nitrogênio a partir de sua dieta, resultando em mais de 80% sendo não aproveitada.

Com base nos dados apresentados, é possível fazer uma estimativa preliminar da quantidade de macronutrientes excretados anualmente pelo rebanho capixaba, conforme é mostrada na Figura 3:

Figura 3 - Estimativa preliminar da quantidade de nutrientes excretada anualmente pelo rebanho bovino do Espírito Santo através da urina



*Dados considerados: número de cabeças de 2.221.748 (BRASIL, 2015); 11,11L/dia de urina (SILVA et al., 2001); 6.800 mg/L de N_{total} (MOHANTY et al., 2014); 12.340 mg/L de K e 390 mg/L de P_{total} (KARAK et al., 2015).
Fonte: Fotografado e elaborado pelo autor (2017).

A urina de vaca apresenta também em sua composição o priocatecol, um aminoácido que fortalece os vegetais e o ácido indolacético, um hormônio natural utilizado no crescimento das plantas (GADELHA; CELESTINO; SHIMOYA, 2002; ALENCAR et al., 2012).

Embora a urina bovina seja comumente utilizada em diversos países como um biofertilizante líquido, sem nenhum tratamento prévio, essa prática segundo Tilley e outros (2009) apresenta alguns riscos. Estudos apontaram que aplicação direta da urina bovina no solo acarreta na diminuição da capacidade de fixação do nitrogênio e ainda, se a urina for misturada as fezes e em seguida aplicada ao solo, ocorrerá um excesso com relação à demanda nutricional (SAUNDERS, 1982; DI et al., 2002; BURNS; MOODY, 2002).

As excretas do gado são consideradas, por Horta (2017), uma boa fonte de nutrientes. Entretanto, toda essa excreta gerada pela pecuária é carreada diretamente no solo, não tendo seus nutrientes recuperados (KEBREAB; HANSEN; LEYTEM, 2013).

3.3 PRINCIPAIS FORMAS DE TRATAMENTO DA URINA E EXTRAÇÃO DOS NUTRIENTES

As principais etapas propostas para o gerenciamento sustentável da urina e extração dos nutrientes são: coleta segregada; tratamento por estocagem; transporte seguro; técnicas de recuperação de nutrientes e aplicação agrícola. Todas essas etapas devem ser adotadas visando à estabilização das características físico-química e microbiológicas (ZANCHETA, 2007).

As etapas desenvolvidas pelo Saneamento Sustentável foram abordadas por inúmeros estudos realizados que se iniciaram em meados de 1990, com particular interesse em tecnologias de remoção e recuperação de nutrientes da urina humana (ANTONINI et al., 2012). O principal intuito do gerenciamento sustentável da urina é: recuperar e aumentar a concentração de nutrientes; remover os micropoluentes e diminuir os riscos; evitar a volatilização da amônia;

promover a higienização da urina, apontar a viabilidade econômica e orientá-la em direção ao mercado (PRONK; KONÉ, 2009).

A pesquisa de Maurer, Pronk e Larsen (2006), permitiu obter uma visão geral das possíveis tecnologias disponíveis dentro da engenharia, diferentes processos ao tratamento de urina, que são potencialmente adequados à implementação. Entre as principais técnicas envolvidas nos processos de tratamento da urina, destacam-se: (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006):

- i. Higienização: pasteurização, esterilização e a estocagem ou armazenamento;
- ii. Redução do volume: evaporação, congelamento e descongelamento, osmose reversa;
- iii. Estabilização: acidificação e nitrificação;
- iv. Recuperação de fósforo: precipitação química de estruvita;
- v. Recuperação de nitrogênio: troca iônica, remoção de amônia, hidrólise seguida de precipitação química;
- vi. Remoção de nutrientes (N e P): oxidação do amônio anaeróbico;
- vii. Remoção de micropoluentes: eletrodialise, nanofiltração, ozonização.

A maior parte dessas tecnologias foi testada apenas em escala de bancada como é o caso da precipitação química da estruvita utilizando urina e que foi minuciosamente investigada por Lind; Ban e Bydén (2000); Wilsenach; Schuurbiers, van Loosdrecht (2007); Ronteltap; Maurer e Gujer (2007b); Ganrot e outros (2007); Tilley e outros (2008); Ronteltap e outros (2010).

Tendo em vista que o principal objetivo do tratamento é possibilitar a reciclagem e a utilização dos nutrientes de forma segura na agricultura, as técnicas mais utilizadas são: a estocagem, que é necessária para se reduzir os riscos microbiológicos e a redução do volume que permite diminuir as concentrações e a precipitação de cristais de estruvita, com aproveitamento de 90% do nitrogênio e do fósforo (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006; RONTELTAPE; MAURER; GUJER, 2007b; WILSENACH; SCHUURBIERS; VAN LOOSDRECHT, 2007; ZANCHETA, 2007; ETTER et al., 2011). De acordo com Etter e outros (2011), entre os processos existentes e destacados acima, o mais estudado e aplicado para a extração de nutrientes da urina é a precipitação química da estruvita.

Ao desenvolver novas opções de tratamento para o desenvolvimento dos países, é importante considerar a sua sustentabilidade ambiental, os critérios de sustentabilidade financeira e a socioeconômica. Mas, a falta de recursos financeiros para manutenção e operação são fatores limitantes (KONÉ, 2007).

3.3.1 Coleta segregada

A coleta da urina deve ser realizada por meio de um sistema sanitário que inclua dispositivos específicos e que permitam a sua coleta de modo segregado (OYAMA, 2013). Conhecidos por sanitários segregadores de urina (SSU) ou sanitários secos de separação de urina (SSSU), esses dispositivos são considerados como soluções técnicas aplicadas para separar o fluxo de urina das águas residuárias, pois evitam misturar a urina com o material fecal, viabilizando de forma mais rápida a obtenção dos nutrientes por simplificar o processo de higienização (LANGERGRABER; MUELLEGGER, 2005; MKHIZE et al., 2017), conforme Figura 4.

Figura 4 - Sanitário compartimentado



Fonte: Fotografado e elaborado pelo autor (2017).

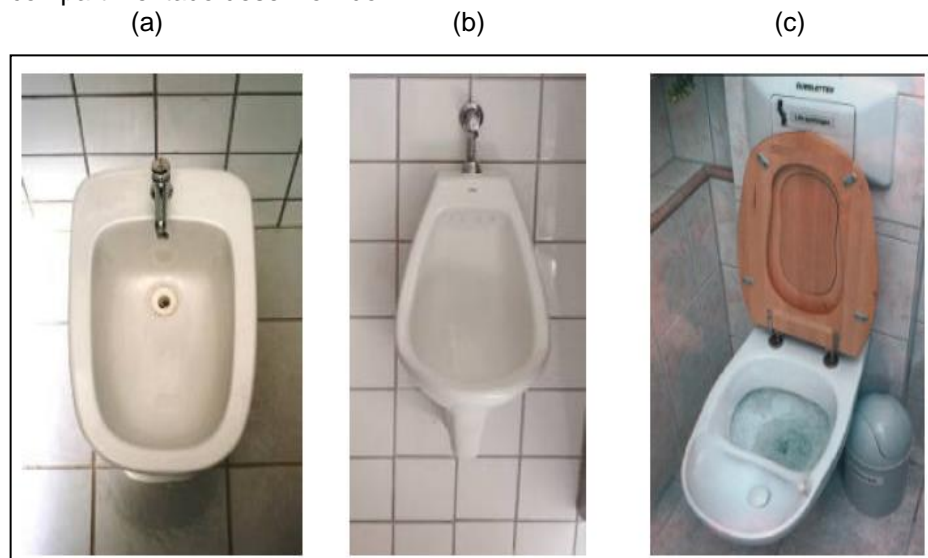
Ao analisar vários sistemas ambientais de tratamento de águas residuárias, a recuperação dos nutrientes da urina se apresenta como uma alternativa mais favorável do que um sistema convencional de tratamento de efluentes, na maioria dos aspectos ambientais e em termos energéticos (TIDAKER; MATTSSON; JONSSON, 2007).

A coleta e o tratamento da urina separada têm atraído atenção considerável na comunidade de engenharia nos últimos anos, e é visto como uma opção viável (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006). Nos países em desenvolvimento, essa técnica é frequentemente aplicada principalmente por razões socioeconômicas (STRAUSS, 1991; MEDILANSKI et al., 2006; WHO, 2006).

Segundo Johansson (2000), essas técnicas de segregação da urina, vêm sendo utilizadas há muitos anos em diferentes partes do mundo. Na china, por exemplo, a urina humana é separada em bacias sanitárias simples e coletada para o reuso direto como fertilizante agrícola nas propriedades (SCHÖNNING, 2001). Na Europa, mais especificamente, a Suécia; desenvolveu na década de 90 o primeiro vaso compartimentado de porcelana, com o intuito de ser instalado primariamente apenas em casas de grupos de pessoas alternativas (eco-vilas) e em casas de veraneios (JÖNSSON 2004; LIENERT; LARSEN, 2007; BEAL et al., 2007). Contudo, a sua instalação em residências comuns, apartamentos e muitas escolas ocorreu após um tempo de experimentação, mas que rapidamente se disseminou em diferentes âmbitos da Suécia e de outros países como a Dinamarca (JOHANSSON, 2000).

Outros dispositivos de coleta da urina foram confeccionados logo após o vaso compartimentado, entre eles estão os mictórios masculino e feminino (Figura 5).

Figura 5 - (a) mictório feminino, (b) mictório masculino e (c) primeiro vaso compartimentado desenvolvido



Fonte: Johansson (2000).

Na África, o Saneamento Sustentável foi o responsável por introduzir os sanitários segregadores de urina e o resultado foi o despertar do interesse no uso da urina na produção agrícola em diferentes partes do mundo. De acordo com Wilsenach e van Loosdrecht (2003), os sanitários ecológicos implantados têm sido usados com sucesso em muitos países como: China, Equador, El Salvador, Etiópia, Finlândia, Alemanha, Guatemala, Índia, México, África do Sul, Suécia, Tailândia, Vietnã e Zimbabuê.

No Brasil a implantação dos sanitários separadores de urina ainda necessita de apoio governamental e a aceitação pública (LOURO; VOLSCHAN JÚNIOR; ÁVILA, 2012).

De acordo com Kvarnström e outros (2006), a técnica de separar a urina apresenta, na perspectiva dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), diversas vantagens, dentre elas destacam-se: redução do odor quando usado corretamente; redução de vetores como moscas e mosquitos; facilita a manutenção, melhorando as instalações dos sanitários secos; contribui para a melhoria da saúde, uma vez que essa é uma maneira mais fácil, higiênica e capaz de reduzir o risco de contaminação das águas subterrâneas com patógenos; facilita a reciclagem de nutrientes, possibilitando o aumento da segurança alimentar; possui custo mais baixo em relação as tecnologias

convencionais similares e os sistemas de separação de urina contaminam menos o meio ambiente do que os sistemas convencionais de saneamento.

A partir da concepção de sanitários segregadores e secos, é possível reduzir significativamente o consumo de água em residências, com reaproveitamento das excretas, promovendo a sustentabilidade ambiental (LAMBERTI, 2013). Ainda, o uso de sanitários segregadores e secos reduzem custos com o tratamento e investimentos nas ETEs, melhora a qualidade do efluente, reduz no consumo de energia utilizada na remoção de nutrientes promovendo a economia de recursos ao sistema (VINNERÅS; JÖNSSON, 2002b; MAURER et al., 2003; WILSENACH; VAN LOOSDRECHT, 2003; RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b).

A separação da urina na fonte apresenta diversas vantagens, contudo, essas são acompanhadas de diversos questionamentos e desafios (MEDILANSKI et al., 2006; MAURER et al., 2006). As preocupações mais urgentes estão relacionadas à saúde humana, visto que a presença de patógenos resultante de sanitários secos mal higienizados ainda é um problema (SCHÖNNING et al., 2002).

3.3.2 Estocagem

A estocagem é a técnica mais difundida e utilizada no tratamento da urina, apesar do alto custo inicial na construção (MARTINS, 2016) e/ou compra dos tanques, mas a facilidade e a não utilização de grandes quantidades de insumos são vantagens que superam o investimento inicial (BOTTO, 2013).

A estocagem da urina reduzir os riscos biológicos na sua utilização e o seu armazenamento em reservatórios fechados por períodos de tempo pré-determinados, permite a inativação dos patógenos, ocasionalmente presentes na urina (JOHANSSON, 2001; HÖGLUND et al., 2002; MANILA et al., 2003; MAURER; PRONK; LARSEN, 2006; HEINONEN-TANSKI et al., 2007; ZANCHETA, 2007).

Mesmo sendo considerada uma técnica eficaz na eliminação de microrganismos patogênicos, sua eficácia é garantida apenas por meio de armazenamento superior a 30 dias. Este processo ocorre em função da elevação do pH, provocado pela hidrólise da ureia na presença da enzima urease. Kiperstok, Nascimento e Kiperstok (2010) afirmam que para evitar as perdas de nitrogênio causadas pela volatilização da amônia, a estocagem deve ser feita em recipientes fechados.

De acordo com Gantenbein e Khadka (2009), determinadas considerações devem ser levantadas durante a fase inicial de construção ou escolha dos tanques destinados à estocagem da urina (Quadro 2). Entre elas destacam-se as perdas de amônia e a formação de precipitados.

Quadro 2 - Considerações preliminares sobre o armazenamento da urina

Tipo de urina	Forma de estocagem	Diluição	Perda de (N₂)	Precipitação de nutrientes (P, Mg, Ca)
Urina fresca	-	Negativo	Negativo	Negativo
Urina estocada	Hermético	Negativo	Negativo	Positivo
	Tanque aberto	Negativo	Positivo	Positivo
	Vaso sanitário do Saneamento Sustentável	Negativo	Positivo	Positivo

Fonte: Adaptado de Gantenbein e Khadka (2009).

Durante o período de estocagem da urina é necessário promover o seu tratamento de forma adequada a fim de minimizar os riscos de contaminação. Em alguns casos segundo WHO (2006) a urina pode ser estocada por até seis meses desde que não seja introduzida urina fresca na amostra. Recomenda-se que a urina seja protegida da luz para evitar fotodegradação e volatilização da amônia, bem como se deve evitar sua agitação, por contenção do odor e para evitar que materiais já precipitados durante a sedimentação possam ser perdidos (HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA 2005).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda um período de estocagem de pelo menos 6 meses a uma temperatura de 20 °C para alcançar inativação suficiente de patógenos em urina destinada para o uso agrícola para culturas

alimentares (OLSSON; STENSTRÖM; JÖNSSON 1996; WHO, 2006; VINNERÅS et al., 2008).

A Suécia dispõe de uma legislação específica a fim de alcançar o tratamento adequado da urina coletada em conjuntos habitacionais possibilitando o uso. Sendo assim, a temperatura e o período de estocagem para determinados tipos de cultivos deverão ser levados em consideração (Tabela 7), quando o intuito é utilizar a urina na agricultura de forma segura, minimizando assim o risco de transmissão de doenças infecciosas (SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004).

A incorporação da urina no solo é recomendada apenas para culturas onde as partes comestíveis crescem acima do solo superfície. Para as culturas que crescem na superfície, sob o ponto de vista de higiene, é mais benéfico não aplicar a urina diretamente no solo (HÖGLUND, 2001; SCHÖNNING, 2004).

Vários são os fatores físico-químicos e biológicos que influenciam na inativação dos microrganismos patogênicos durante a estocagem além da temperatura e do pH elevado. Entre eles destacam-se: amônia, umidade, diluição, disponibilidade de nutrientes, oxigênio e a exposição a radiação ultravioleta (PEASEY, 2000; HÖGLUND, 2001; SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004; OMS, 2006; WICHUK; MCCARTNEY, 2007; AUSTIN; CLOETE, 2008; VINNERÅS et al., 2008; WINKER et al., 2009; CHANDRAN et al., 2009; NORDIN et al., 2013; DECREY et al., 2015).

Tabela 7 - Norma Sueca para a utilização da urina na agricultura ^(a)

Temperatura de estocagem	Tempo de estocagem	Prováveis patógenos na urina após a estocagem ^(b)	Culturas recomendadas
4°C	≥ 1 mês	Vírus e protozoários	Culturas alimentícias e culturas de forragem que serão processadas
4°C	≥ 6 meses	Vírus e protozoários	Culturas alimentícias que serão processadas e culturas de forragem ^(c)
20°C	≥ 1 mês	Vírus	Culturas alimentícias que serão processadas e culturas de forragem ^(c)
20°C	≥ 6 meses	Provavelmente nenhum	Todos os tipos de culturas ^(d)

Notas: (a) Grandes sistemas – significa que a urina humana é utilizada para cultivos que serão consumidos por outras pessoas que não os próprios geradores da mesma.

(b) Bactérias gram-positivas e que formam esporos não incluídos.

(c) Exceto pastagens para a produção de alimento para animais.

(d) No caso de produtos consumidos crus é recomendada a fertilização com urina de forma descontínua, pelo menos um mês antes da colheita, e com a incorporação da urina no solo.

Fonte: Adaptado de Johansson e outros (2002) e WHO (2006).

A temperatura é considerada como fator predominante na inativação viral. Contudo, a mesma depende da estação do ano e das condições climatológicas da região (HÖGLUND et al., 2002). Ainda, de acordo com Feachem e outros (1983) muitos microrganismos sobrevivem em baixas temperaturas (5°C) e rapidamente, morrem em altas temperaturas (>40°).

Quanto aos parâmetros físico-químicos, a urina fresca apresenta um pH ácido, entre 5,6 a 6,8 (HELLSTRÖM; JOHANSSON; GRENNBERG, 1999; LIND; BAN; BYDÉN, 2000; POLPRASERT, 2007), todavia devido a reações de amonificação, em que a ureia é convertida em íons de amônia e hidróxido, o pH tende a elevar, estabilizando-se em valores entre 9 a 9,3 (JÖNSSON et al., 2004), e proporcionando um efeito bactericida, anti-protozoário e na inativação de vírus (HÖGLUND et al., 2002). Além do pH, o aumento da temperatura também contribui para o aumento da salinidade da urina (HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005). A condutividade situa-se entre 14,8 e 25,4 mS.cm⁻¹ (JÖNSSON et al., 2000; RIOS et al., 2007) e sua densidade está próxima da água, de 1003 a 1035 g L⁻¹ (KIRCHMANN; PETTERSSON; 1995).

A urina recém-excretada do corpo se torna uma solução instável, e pode apresentar odor desagradável quando estocada. Ainda, durante o processo de estocagem pode ocorrer a precipitação de sais de fosfato insolúveis ou cristais de estruvita, devido a alcalinização do pH (HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005; MAURER; PRONK; LARSEN, 2006). De acordo com UDERT et al., (2003a), quando o pH atinge valores próximos a 9, cerca de 90% do nitrogênio total está presente como amônio ou amônia, e pelo menos 30% do fósforo total é precipitado (MITSCHERLICH; MARTH, 1984; RIOS, 2008).

A estocagem é necessária para evitar a perda de nutrientes por volatilização de amônia, para reduzir o peso (causada pelo teor de água de urina) e remover patógenos (ETTER et al., 2011). Sendo que, isso não é favorecido em áreas urbanas ou suburbanas por causa das desvantagens na demanda por espaço destinado ao armazenamento, que geralmente é enorme, e problemas de odor e inconveniência na aplicação (ZHANG et al., 2015).

Atualmente existem diversas pesquisas já realizadas a respeito da estocagem como método de tratamento da urina, onde vantagens e desvantagens da técnica, em função do tipo de microrganismo e as condições de temperatura são os principais assuntos abordados. Entre as pesquisas relacionadas destacam-se: Hellström, Johansson e Grennberg (1999); Höglund et al., (2000); Jönsson e outros (2000); Höglund (2001); Höglund e outros (2002); Udert, Larsen e Gujer (2003); Udert, Larsen e Gujer (2006); Zancheta (2007); Vinnerås e outros (2008); e Botto e outros (2012).

3.3.3 Transporte e esvaziamento

O transporte da urina geralmente é realizado por veículo motorizado, por um caminhão ou um veículo equipado com uma bomba e um tanque de armazenamento. A capacidade de armazenamento de um tanque a vácuo varia entre 3.000 e 10.000 L (STENSTRÖM et al., 2011).

Quando as residências possuem o sistema segregador, a urina é coletada nos tanques que são instalados no subsolo e/ou em porões das próprias residências.

A urina geralmente é transportada durante a noite e a agitação dela dentro do veículo provoca a volatilização da amônia (HELLSTRÖM; JOHANSSON; GRENNBERG, 1999; SCHÖNNING et al., 2001).

De acordo com Lind e outros (2000); Heinonen-Tanski e Van Wijk-Sijbesma (2005) e Liu e outros (2016) a logística de transporte de grandes quantidades de urina dos centros urbanos para as zonas rurais é uma opção inviável, pois são frequentemente difíceis para transportar e armazenar. Além do seu odor desagradável, existe a inviabilidade econômica, pois armazenar, transportar e esvaziar grandes volumes de urina não tratada implica em altos custos (PRONK; KONÉ, 2009).

Segundo o estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) realizado em sistemas de separação da urina, o transporte de grande quantidade de urina é uma das principais barreiras para se alcançar a eficiência do sistema (LARSEN; GUJER, 1996; MAURER; SCHWEGLER; LARSEN, 2003).

Portanto, a recuperação de nutrientes a partir da urina, sob a forma de cristais de estruvita é uma opção viável, devido à facilidade no transporte (produto sólido), a segurança sanitária e a não perda de nutrientes (PRONK; KONÉ, 2009; LIU et al., 2016).

3.3.4 Precipitação química de estruvita

A estruvita é um mineral de cor branca, que se forma em soluções supersaturadas, formada em quantidades equimolares de (1: 1: 1) de magnésio (Mg^{2+}), amônio (NH_4^+) e fosfato (PO_4^{3-}) combinados a seis moléculas de água ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), que contém 5,7% de (N), 12,6% de (P) e 9,9% de Mg em massa (OHLINGER; YOUNG; SCHROEDER, 1998; HANHOUN et al., 2011; OUCHAH et al., 2013; KUMAR et al., 2013; PRABHU; MUTNURI, 2014; LIU et al., 2016).

Conhecida também por PAM, MAP ou fosfato de amônio e magnésio hexahidratado, a estruvita é formada por uma estrutura cristalina ortorrômbica, cujas moléculas são arranjadas ordenadamente em um padrão de repetição, que

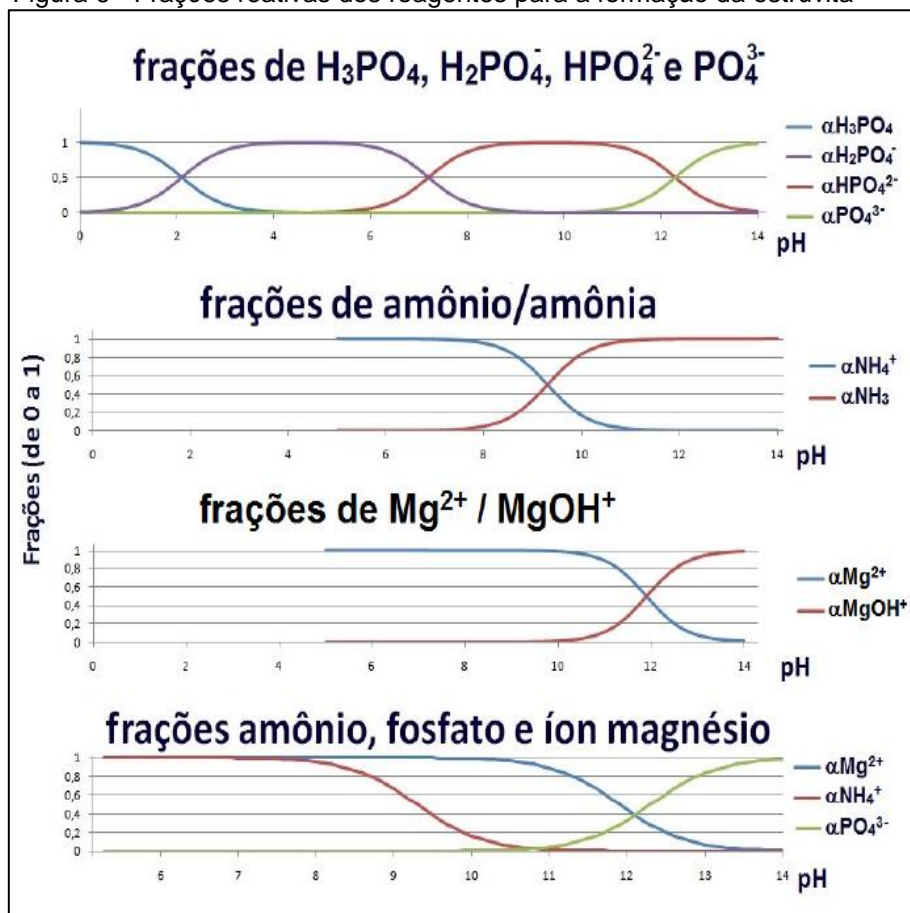
se estende nas três dimensões espaciais. A estruvita é densa, inodora e apresenta baixa solubilidade em água (0,018 g/100 mL a 25°C). Entretanto, é altamente solúvel em soluções ácidas e insolúvel em soluções alcalinas, de modo que a sua precipitação ocorra em amostras que apresentam pH alcalino. A formação da estruvita é controlada pela temperatura, presença de núcleos de cristalização, concentrações de magnésio, fosfato e amônio e a presença de impurezas ou íons interferentes como o cálcio (Ca^{2+}), mas é fortemente influenciada pelo pH (OHLINGER; YOUNG; SCHROEDER, 1999; ALTINBAS; YANGIN; OZTURK, 2002; DOYLE; PARSONS, 2002; UDERT et al., 2003; NELSON; MIKKELSEN; HESTERBERG, 2003; DEMIER et al., 2005; KIM et al., 2007; RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b; TILLEY et al., 2009; RUDDLE, 2013; TRAN et al., 2014; BONVIN et al., 2015; LIU et al., 2016; CARMONA, 2017; TANSEL; LUNN; MONJE, 2018).

Os autores Metcalf e Eddy (2016) também ressaltam a importância do pH na formação dos cristais de estruvita, quando afirma que se as concentrações de magnésio, amônia e ortofosfato solúveis excederem os limites de solubilidade para a formação de estruvita a um determinado pH, os cristais serão formados.

Existem fatores operacionais essenciais durante o processo de precipitação da estruvita e, portanto devem ser levados em consideração: a concentração inicial de fósforo (mg/L^{-1}), o reagente, o tempo de rotação (rpm) do equipamento para a mistura e homogeneização da amostra com o reagente, o tempo de reação (minutos) e o pH onde novamente é citado com parâmetro fundamental ao processo de formação dos cristais (BARROS; SILVA; ARAÚJO, 2012).

A concentração dos compostos químicos na solução e o pH são fundamentais no processo de precipitação química de estruvita. Na Figura 6 são mostradas as frações reativas dos diferentes grupos de fósforo, nitrogênio e magnésio que variam de acordo com o pH (LEDESMA, 2014).

Figura 6 - Frações reativas dos reagentes para a formação da estruvita



Fonte: Aidar (2012).

A precipitação da estruvita ocorre de forma rápida. Um aditivo à base magnésio (íon limitante) leva a supersaturação da solução e conseqüente a precipitação da estruvita (BURNS; MOODY, 2002; RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b; ZAMORA et al., 2017), em uma relação de (99%) de fósforo e apenas (20-50%) do nitrogênio. Contudo, o sobrenadante contém ainda nutrientes, que podem ser usados em combinação com a água para irrigação (LIND; BAN; BYDÉN, 2000).

A produção de estruvita quando controlada é altamente atraente e viável economicamente (HÖVELMANN; PUTNIS, 2016). Entretanto, dependendo da fonte e da quantidade de magnésio a ser adicionado no processo, pode se tornar inviável devido a custos adicionais (RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b). A precipitação química de estruvita pode ser realizada mediante a adição de compostos distintos de magnésio (LATIFIAN, HOLST, LIU, 2014). A maioria das fontes de magnésio comercialmente disponíveis para as tecnologias de cristalização da estruvita são: óxido de magnésio (MgO), cloreto de magnésio

(MgCl_2), sulfato de magnésio (MgSO_4), hidróxido de magnésio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) (BURNS; MOODY, 2002; UDERT; LARSEN; GUJER, 2003; ZHANG; DING, REN, 2009; CRUTCHIK; GARRIDO, 2011; STOLZENBURG et al., 2015; ZAMORA et al., 2017). No entanto, estes compostos de alta qualidade são caros e podem contribuir com até 75% dos custos totais de produção, tornando as aplicações em grande escala não rentáveis (DOCKHORN, 2009). Assim, fontes naturais de magnésio, como a magnesita (Fe_3O_4), brucite ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), pirourita ($\text{Mg}_6\text{Fe}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_{13}$) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) pode ser mais barato em comparação aos compostos de magnésio de alto grau como o cloreto de magnésio (MgCl_2) (DUCKWORTH; MARTIN, 2004; GUNAY et al., 2008; KRAHENBUHL; ETTER; UDERT, 2016; HÖVELMANN; PUTNIS, 2016).

De acordo com Quintana e outros (2008), a utilização de fontes mais baratas de magnésio seria uma maneira eficaz de redução de custos. Assim, as fontes alternativas de magnésio comparativamente baratas incluem a água do mar (salmoura), entre outros minerais naturais ricos em magnésio como a zeólita (QUINTANA et al., 2008; CRUTCHIK; GARRIDO, 2011; PRABHU; MUTNURI, 2014; KARAK et al., 2015; CASTRO; ARAÚJO; LANGE, 2015; YAO et al., 2017; WANG et al., 2017).

Entre todos os componentes do processo de precipitação da estruvita, o de maior custo em métodos convencionais são os produtos químicos à base de magnésio (LAHAV et al., 2013). Contudo, a dosagem de magnésio pode ser otimizada, estimando a concentração de fosfato e amônio (ETTER et al., 2011).

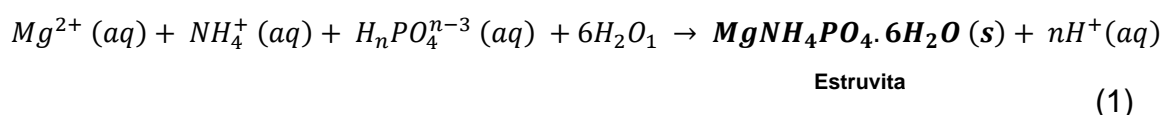
Dentre as fontes comerciais de magnésio apresentados anteriormente, o óxido de magnésio produzido a partir de magnesita é comercialmente o sal mais barato. Outra vantagem quanto ao seu uso é que esse sal reduz ou elimina a necessidade de adição de solução alcalina (hidróxido de sódio - NaOH) para aumentar o pH da solução. No entanto, reage mais lento do que outros reagentes a base de magnésio, uma vez que há a necessidade de ser dissolvido antes do processo e geralmente é adicionado em excesso para promover a precipitação da estruvita. O resultado é um produto contendo excesso de óxido de magnésio (CHIMENOS et al., 2003; ETTER et al., 2011; CAPDEVIELLE et al., 2013; KRAHENBUHL; ETTER; UDERT, 2016).

O uso da água do mar é apontado como fonte natural de magnésio mais viável economicamente, mas apenas se mostra aceitável quando se estiver perto do mar. Contudo, são necessários grandes volumes de água do mar para se extrair o magnésio (MATSUMIYA; YAMASITA; NAWAMURA, 2000; LEE et al., 2003).

A água do mar é composta por íons de magnésio (Mg^{2+}) que estão presentes em altas concentrações nos oceanos (~1400 mg/L) e podem ser retidos utilizando membranas de nanofiltração. No entanto, o método de separação por nanofiltração inclui desvantagens potenciais inerentes, pois junto com o magnésio, outros íons podem ser retidos. Dentre eles: o cloreto e o sódio que contribuem para a salinidade dos efluentes, além do cálcio que pode promover a precipitação de sólidos indesejados, tornando a estruvita menos homogênea, diminuindo sua pureza e assim, menos valiosa (TELZHENSKY et al., 2011; LAHAV et al., 2013).

Resultados preliminares indicaram que as partículas de escória de minério de ferro com aproximadamente 2 mm de diâmetro, são ricas em magnésio e podem recuperar 43,20 a 72,39% de fósforo, de 1 a 25 mol/L de fosfato e de 5 a 50 mol/L de amônio, o que contribuiu para melhoria de 11,71-29,11% na recuperação de fósforo, principalmente com a precipitação de estruvita (TANG et al., 2017).

A reação de precipitação química da estruvita, segundo os autores Doyle e Parsons (2002); Le Corre et al., (2009); Yetilmezsoy e Sapci-Zengin, (2009) e Crutchik e Garrido (2011), pode ser representado pela equação genérica equação 1, (com $n = 1, 2$ ou 3 ; de acordo com o pH da solução), onde estequiometricamente (NH_4MgPO_4) representa a estruvita.



Embora a reação de formação da estruvita pareça algo muito simples, o processo é complexo, em razão da precipitação de estruvita ser um processo tanto físico quanto químico. A etapa física é composta pela nucleação e o

crescimento de cristais, já a etapa química é dependente da força iônica, pH, alcalinidade e temperatura da amostra (CASTRO, 2014; METCALF; EDDY, 2016).

Em relação ao modelo cinético e aos aspectos reais da termodinâmica da reação de precipitação da estruvita, a distribuição do tamanho de partículas dos cristais e seus efeitos no crescimento dos cristais são em função da solução de supersaturação (ALI; SCHNEIDER, 2008). A condição de supersaturação da solução é o parâmetro chave na cristalização, entretanto é dependente do pH e da concentração da solução (CASTRO, 2014).

A formação de um cristal é uma reação de equilíbrio químico e depende, portanto, da respectiva constante de equilíbrio. Por ser um equilíbrio entre a reação de precipitação e a solubilização do sólido, é chamada de constante de solubilidade, ou mais usualmente, de produto de solubilidade (AIDAR, 2012).

De acordo com Metcalf e Eddy (2016) uma vez iniciado o crescimento dos cristais de estruvita, isso continuará a ocorrer enquanto as condições favoráveis existam, incluindo a presença dos três constituintes em uma relação molar de 1: 1: 1 de $Mg^{2+}:NH_4^+:PO_4^{3-}$. A constante do produto de solubilidade (K_{S0}) para a estruvita é dada pela equação 2.

Os termos em colchetes correspondem à concentração de atividade de íon do constituinte:

$$[Mg^{2+}] \cdot [NH_4^+] \cdot [PO_4^{3-}] = K_{S0} \text{ (Estruvita)} \quad (2)$$

As concentrações totais dos constituintes (C_T) de $[Mg^{2+}] \cdot [NH_4^+] \cdot [PO_4^{3-}]$ são a soma das concentrações iônicas dos complexos e íons livres, ilustradas, respectivamente nas equações 3, 4 e 5, a seguir:

$$C_T, Mg = [Mg^{2+}] + [MgOH^+] + [MgH_2PO_4^+] + [MgHPO_4] + [MgPO_4^-] \quad (3)$$

$$C_{T,NH_3} = [NH_4^+] + [NH_3] \quad (4)$$

$$C_{T,P} = [PO_4^{3-}] + [H_3PO_4] + [H_2PO_4^-] + [HPO_4^{2-}] + [MgH_2PO_4] + [MgH_2PO_4^+] \quad (5)$$

Os principais equilíbrios químicos que ocorrem entre as espécies de fósforo, nitrogênio e magnésio durante a precipitação de estruvita estão sumarizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Reações químicas envolvidas na formação da estruvita e expressões para a concentração total de magnésio, amônia e fosfato em solução

Reação	pK	
	Faixa	Típica
$NH_4^+ \rightleftharpoons NH_{3(aq)} + H^+$	9,25 – 9,3	9,25
$H_3PO_4 \rightleftharpoons H_2PO_4^- + H^+$	2,1	2,1
$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H_2PO_4^{2-} + H^+$	7,2	7,2
$HPO_4^{2-} \rightleftharpoons PO_4^{3-} + H^+$	12,3	12,3
$MgOH^+ \rightleftharpoons Mg^{2+} + OH^-$	2,56	2,56
$MgH_2PO_4^+ \rightleftharpoons H_2PO_4^+ + Mg^{2+} + OH^-$	0,45	0,45
$MgHPO_4 \rightleftharpoons H_2PO_4^{2-} + Mg^{2+}$	2,91	2,91
$MgPO_4^- \rightleftharpoons PO_4^{3-} + Mg^{2+}$	4,8	4,8
$MgNH_4PO_4 + 6H_2O \rightleftharpoons Mg^{2+} + NH_4^- + PO_4^{2+} + Mg^{2+} + H_2O$	12,6 -13,26	13,0
$AlPO_{4(s)} \rightleftharpoons Al^{3+} + PO_4^{3-}$	21	21
$FePO_{4(s)} \rightleftharpoons Fe^{3+} + PO_4^{3-}$	21,9 -23	22,0

Fonte: Adaptado de Metcalf e Eddy (2016).

O produto de solubilidade condicional, P_s (mol/L) utilizado para abordar as reações laterais envolvendo os constituintes, atividades de íons, e força iônica pode ser calculado através da equação 6.

$$P_s = C_{T,Mg} C_{T,NH_3} C_{T,PO_4} = \frac{K_{S0}}{\alpha Mg^{2+} \alpha NH_4^+ \alpha PO_4^{3-} \gamma Mg^{2+} \gamma NH_4^+ \gamma PO_4^{3-}} \quad (6)$$

Onde,

$C_{T,Mg} C_{T,NH_3} C_{T,PO_4}$ = Concentração analítica total de constituintes individuais.

$\alpha Mg^{2+} \alpha NH_4^+ \alpha PO_4^{3-}$ = Fração de ionização de constituintes individuais.

$\gamma Mg^{2+} \gamma NH_4^+ \gamma PO_4^{3-}$ = Força iônica de constituintes individuais.

A constante de concentração analítica total dos constituintes individuais é representada como para o fósforo, nitrogênio e o magnésio respectivamente, ela corresponde ao somatório das concentrações dos íons livres de todos os seus complexos (LEDESMA, 2014).

A fração de ionização é definida como a relação entre a concentração do constituinte livre de magnésio, amônia, fosfato e a concentração total em solução como dado na equação 7. Assim, para as espécies formadoras da estruvita, as frações relativas do e são definidas de acordo com as equações de 7 a 9 (METCALF; EDDY, 2016).

$$\alpha Mg^{2+} = \frac{[Mg^{2+}]}{[C_{TMg}]} \quad (7)$$

$$\alpha NH_4^+ = \frac{[NH_4^+]}{[C_{TNH_4}]} \quad (8)$$

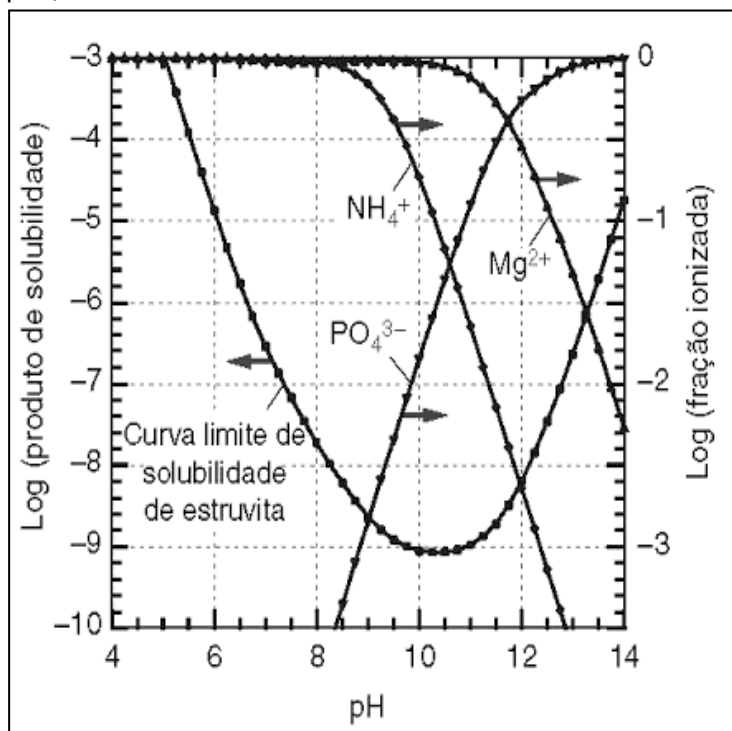
$$\alpha PO_4^{3-} = \frac{[PO_4^{3-}]}{[C_{TPO_4}]} \quad (9)$$

Expressões para a concentração total de magnésio, amônia e fosfato em solução, são dadas na Tabela 8. Utilizando a equação 6, as equações e os valores correspondentes de pK dados na Tabela 8 para as diversas relações de equilíbrio, a solubilidade mínima da estruvita, conforme ilustrado na Figura 6,

ocorre a um pH de aproximadamente 10,3 (OHLINGER; YOUNG; SCHROEDER, 1998).

A curva limite de solubilidade de estruvita mostrada na Figura 7 pode ser utilizada para determinar a formação de estruvita. Nela observa-se que a solubilidade da estruvita diminui até um ponto ótimo (pH entre 9 e 10) para a precipitação e a partir desse ponto prejudica a precipitação da estruvita. O valor do log de K_{s0} quando extrapola a área limitada pela curva (região insaturada), indica que não houve a formação de estruvita. O sistema químico composto de espécies e de constantes de equilíbrio apresentadas na Tabela 8 pode ser modelado utilizando *softwares* como o MINEQL + ou o MINTEQA2. A saída do modelo, consiste em dados de concentrações de constituintes que pode ser utilizada para computar P_s (Produto de solubilidade) da equação 6. O programa MINTEQA2, utilizado para a geração de gráficos, representado na Figura 7, foi desenvolvido pela U.S EPA (METCALF; EDDY, 2016).

Figura 7 - Gráfico da curva de solubilidade limite da estruvita e da fração de ionização desenvolvida utilizando MINTEQA2 com um valor de força iônica estabelecida como constante $\alpha = 0,1$

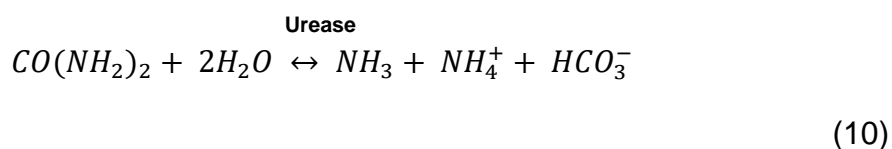


Fonte: Ohlinger, Young e Schroeder (1998).

Além da estruvita, outros precipitados poderão ser formados, tais como: o fosfato de cálcio $[Ca(PO_4)_2 + nH_2O]$, a vivianita $[Fe_3(PO_4)_2 + 8H_2O]$, a varicita $(AlPO_4 + 2H_2O)$, epsomite $(MgSO_4 \cdot 7H_2O)$, montgomerite $[Ca_4MgAl_4(PO_4)(OH)_4 \cdot 12H_2O]$ e a hidroxiapatita $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ (KARAK; BHATTACHARYYA, 2011; METCALF; EDDY, 2016).

Na literatura sobre a recuperação de fósforo a partir da técnica de precipitação química, a estruvita é o produto predominante. Contudo, Udert, Larsen e Gujer (2003) aponta também a presença da hidroxiapatita durante o processo de precipitação. Segundo Mavropoulas, (1999), a hidroxiapatita $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ precipita em soluções saturadas, em pH alcalino e possui alta constante de solubilidade, assim como a estruvita. Além disso, a hidroxiapatita é um catalizador na decomposição de compostos orgânicos clorados e atua na remoção de elementos-traço (MAVROPOULAS, 1999; CAO et al. 2009; BOLAN et al. 2013).

A precipitação química da estruvita e da hidroxiapatita ocorre por meio do processo de hidrólise da ureia, principal fonte de nitrogênio orgânico na urina. Quando estocada, a hidrólise catalizada pela enzima urease gera e libera grandes quantidades de amônia e bicarbonato (UDERT; LARSEN; GUJER, 2003). De acordo com a equação 10:



Contudo, por mais que a ureálise seja considerada como o fator inicial para a precipitação, a alcalinidade do pH é quem determina a formação da estruvita (OYAMA, 2013).

Os problemas decorrentes da formação e acumulação de estruvita começaram a ser identificados em 1930, e até hoje é considerado um problema nas ETEs, por gerar incrustações em linhas de processamentos, bombas e outros equipamentos mecânicos (RAWN; BANTA; POMEROY, 1937). Tal problema ocasiona um acréscimo dos custos de operação e manutenção devido ao maior consumo de energia, mão de obra e diminuição da capacidade de sistemas de tratamento, além dos custos associados à substituição antecipada dos

equipamentos (OHLINGER, 1999; OHLINGER; YOUNG; SCHROEDER, 1998; DOYLE; PARSONS, 2002).

A recuperação do nitrogênio e do fósforo é a principal medida de controle e prevenção (METCALF; EDDY, 2016). Em termos de carga de nutrientes presentes nos esgotos, a urina contribui com maior fração (JÖNSSON et al., 2005). Todavia, se toda essa urina fosse recuperada e usada como fertilizante nas lavouras, além de substituir os fertilizantes químicos, não iria haver acúmulo de cristais nas tubulações.

3.3.5 Redução de volume

A redução do volume é uma excelente opção de gerenciamento e tratamento da urina humana. Vários métodos têm sido estudados, como a destilação (MIERNIK et al., 1991); secagem (HELLSTRÖM; JOHANSSON; GRENNBERG, 1999; ANTONINI et al., 2012) e congelamento parcial, congelamento-descongelamento, osmose reversa (GANROT, 2005; MAURER; PRONK; LARSEN, 2006) e a evaporação (ESREY, 1998; MAURER; PRONK; LARSEN, 2006).

A evaporação é a técnica mais utilizada entre as técnicas de redução de volume devido a sua eficiência, praticidade e sua viabilidade econômica (MAURER; PRONK; LARSEN, 2006). O sistema de evaporação da urina mais sustentável consiste na utilização da energia solar como única fonte de calor para que a urina humana evapore, resultando no aumento da concentração dos nutrientes (ZANCHETA, 2007).

Utilizando a técnica de evaporação, a concentração de ureia na urina, que corresponde a aproximadamente 10g/L, pode chegar a 100g/L eliminando somente a água (BEHRENDENT et al., 2002). Com a eliminação da água (sobrenadante), o transporte é facilitado e ainda é possível produzir um fertilizante em pó à base de sais fosfatados para a agricultura (RIOS, 2008).

Antonini e outros (2012) afirmam que a exposição solar direta da estruvita durante a secagem contribui para a formação de cloreto de sódio, inviabilizando

sua comercialização. Ainda, após a filtração, a estruvita nunca deve exposta a temperaturas acima de 40 a 55°C, devido ao risco de perda de amônia que consequentemente redução à quantidade de nitrogênio do produto final (FROST et al., 2004; BHUIYAN; MAVINIC; KOCH, 2008). Segundo Decrey e outros (2011) a estruvita deve ser seca em temperatura ambiente, preferencialmente em locais sombreados nas seguintes condições (36 °C de temperatura e 35% de umidade relativa do ar).

De acordo com Zancheta (2007) é possível evaporar a urina utilizando a energia solar como única fonte de calor, havendo a necessidade de adicionar apenas o ácido sulfúrico a fim de evitar a perda de amônia por volatilização. Os resultados evidenciaram uma redução de aproximadamente 95% de volume e altas concentrações de nutrientes.

Os autores Decrey e outros (2011) observaram que os vírus presentes no sobrenadante e na estruvita são retidos na filtração. Contudo alguns vírus humanos ΦX174 permaneceram acumulados nos cristais de estruvita, porém esses são inativados geralmente com o aumento da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa. Ainda, notou-se que óvulos de helmintos também se acumularam na estruvita durante o processo de filtração, vindo a ser inativados somente após atingir um limite mínimo de umidade.

Benetto e outros (2009) acreditam que através do desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de redução do volume, seja possível a promoção da redução/eliminação de fármacos perigosos, dentre outras substâncias.

3.4 USO DA ESTRUVITA DERIVADA DE URINA HUMANA E BOVINA COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

3.4.1 Riscos associados ao reuso direto da urina e/ou uso da estruvita

A urina humana é um recurso natural valioso, produzido diariamente e se encontra largamente disponível em todas as sociedades, mesmos em lugares mais inóspitos e pobres (HEINONEN-TANSKI et al., 2007; HEINONEN-TANSKI;

PRADHAN; KARINEN, 2010). Reciclar e utilizar os nutrientes da urina como fertilizante é uma forma de aumentar a sustentabilidade na produção de alimentos a nível mundial (JÖNSSON et al., 2004).

Devido à escassez de insumos e os efeitos adversos desencadeados pelo uso agrícola dos fertilizantes químicos, a aplicação da urina humana vêm recebendo uma considerável atenção, como fertilizante, em países para práticas agrícolas (STRAUSS; BLUMENTHAL, 1990; KIRCHMANN; PETTERSSON, 1995; JOHANSSON et al., 2002; MAURER; SCHWEGLER; LARSEN, 2003; RODHE; RICHERT; STEINECK, 2004; GUZHA; NHAPI; ROCKSTROM, 2005; HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005; HEINONEN-TANSKI et al., 2007; MANG; JURGA; XU, 2007; PRADHAN et al., 2007; TIDÅKER; MATTSSON; JÖNSSON, 2007; JENSEN et al., 2008; MNKENI et al., 2008; FATUNBI, 2009; SRIDEVI et al., 2009). O uso da urina humana como fertilizante pode contribuir significativamente para a segurança alimentar e saúde, especialmente, onde a falta de fertilizantes a preços acessíveis é um dos principais contribuintes para a escassez de alimentos (JOHANSSON et al., 2001; SANCHEZ, 2002).

A urina possui índices elevados de nutrientes que se encontram na forma iônica e sua disponibilidade para as plantas é na maioria das vezes comparável com as obtidas por meio do uso dos fertilizantes químicos comerciais (JOHANSSON et al., 2001; KIRCHMANN; PETTERSSON, 1995; SIMONS; CLEMENS, 2004; MARTINS, 2016).

Desta forma, a urina tem a capacidade de substituir e fornecer os mesmos rendimentos obtidos com a aplicação de fertilizantes químicos na produção agrícola. E essa afirmação pode ser observada na Tabela 9, que apresenta uma pesquisa de campo no Burkina Faso, onde o rendimento das culturas fertirrigadas com urina não se diferenciaram daquelas em que se aplicou fertilizante mineral (RICHERT et al., 2011).

Tabela 9 - Rendimento de hortaliças com uma média de três anos de ensaios de campo em Burkina Faso

Fertilizante	Berinjela (t ha⁻¹)	Quiabo (t ha⁻¹)	Tomate (t ha⁻¹)
Fertilizante sem controle	2,8	1,7	2,1
Fertilizante mineral	17,8	2,7	5,7
Urina armazenada	17,7	2,4	5,2

Fonte: CREPA, 2004 apud Richert e outros (2011).

Nota-se na tabela acima, que a urina armazenada e o fertilizante mineral produziram um aumento significativo em comparação ao desempenho obtido com o uso não controlado do fertilizante. No entanto, por mais que não haja nenhuma diferença estatística entre os rendimentos obtidos com aplicação da urina armazenada e do fertilizante mineral (RICHERT et al., 2011), a utilização da urina é mais vantajosa em comparação aos fertilizantes minerais, tendo em vista ser natural e viável economicamente.

A urina pode ser aplicada na agricultura com equipamentos convencionais disponíveis nas fazendas (MUSKOLUS, 2008). Entretanto, Tidåker; Mattsson e Jönsson, (2007) afirmam que durante a aplicação da urina, os agricultores precisam levar em consideração o seu valor nutricional e considerar algumas precauções em campo:

- I. É de rápida infiltração no solo e apesar de baixa emissão de amônia, ela pode apresentar efeitos adversos ao meio ambiente e a saúde humana (GALLOWAY; COWLING, 2002; RODHE; STINTZING; STEINECK, 2004; SIMONS, 2008; LIU et al., 2016).
- II. Quanto maior a taxa de aplicação da urina humana, maiores são as taxas de salinidade e condutividade elétrica nos solos tratados. Embora a urina, seja humana e ou animal, apresentam altos teores cloreto. Contudo, essa concentração não é considerada de risco a saúde humana (HEINONEN-TANSKI; VAN WIJK-SIJBESMA, 2005; PRADHAN et al., 2007).
- III. Devido ao alto teor de nitrogênio presente na urina, existe o risco dos vegetais apresentarem altos teores de nitrato (DICH et al., 1996).

- IV. A urina nunca deve ser aplicada diretamente na planta para evitar danos por queimaduras e as culturas não devem ser fertilizadas dentro de um mês antes da colheita (SHUVAL; LAMPERT; FATTAL, 1997).
- V. Espalhar a urina na hora errada ou desigualmente no campo pode causar falhas consideráveis nas colheitas (HEINONEN-TANSKI et al., 2007).
- VI. Como todo fertilizante, a utilização de equipamentos de proteção e higiene pessoal depois de trabalhar com urina é fortemente recomendado (TIDÅKER; MATTSSON; JÖNSSON, 2007).

A recomendação para que a urina seja utilizada como fertilizante e/ou como complemento nas mais variadas culturas agrícolas, está em respeitar as suas diferentes características em termos de patogenicidade, composição nutricional em benefícios ao solo e planta. Desta forma, a utilização da estruvita, subproduto originado da urina, na fertilização agrícola é possível (GONÇALVES, 2006). Embora, possam existir outras dificuldades, como à aceitação dos produtores rurais e dos consumidores em comprar esse produto advindo do saneamento.

3.4.1.1 Patógenos

Em um indivíduo saudável a urina é estéril na bexiga. Entretanto, a urina recém-excretada arrasta do próprio corpo aproximadamente valores de até 10.000 bactérias dérmicas/mL (TORTORA et al., 1992; JOHANSSON et al., 2001; JOHANSSON et al., 2002; SCHÖNNING; STENSTRÖM, 2004; KVARNSTRÖM et al.; 2006; ZANCHETA, 2007; BEAL et al., 2007; VON MÜNCH; WINKER, 2009). De acordo com Esrey (1998) e Höglund (2001), a maioria dos patógenos encontram-se presentes nas fezes, enquanto uma pequena fração é excretada na urina. Porém, nessa pequena quantidade excretada, existe uma variedade de microrganismos patogênicos que são detectados na urina humana, principalmente em caso de pacientes com alguma infecção (FEACHEM et al., 1983; WHO, 2006).

Na Tabela 10, apresentam-se os possíveis patógenos que podem ser excretados pela urina e a sua importância como rota de transmissão de doenças.

Tabela 10 - Possíveis patógenos excretados pela urina e a importância como meio de transmissão

Patógenos	Urina como meio de transmissão	Importância
<i>Leptospira interrogans</i>	Usualmente através da urina animal	Provavelmente baixo
<i>Salmonella typhi</i> e <i>Salmonella paratyphi</i>	Provavelmente incomum, excretada na urina	Baixo comparado com outros meios de transmissão É necessário considerar em áreas endêmicas onde água doce é disponível
<i>Schistosoma haematobium</i> (ovos excretados)	Não de forma direta, mas indiretamente. A larva infecta o homem através da água doce.	
<i>Mycobacteria</i>	Incomum, normalmente transportado pelo ar	Baixo
Vírus: citomegalovirus (CMV), JCV, BKV, adeno, hepatite e outros	Normalmente não reconhecido, com exceção de casos isolados de hepatite B, necessita de mais informações	Provavelmente baixo
Microsporídia	Sugerido, mas não reconhecido	-
Causadores de doenças venéreas	Não, não sobrevivem durante períodos significativos fora do corpo	-
Infecção do trato urinário	Não, não há uma transmissão ambiental direta	Baixo

Fonte: Schönning e Stenström (2004).

Entretanto, devido à baixa presença desses microrganismos a urina é considerada por Feachem e outros (1983) como insignificante ao risco de transmissão ambiental de doenças. De forma semelhante, Höglund e outros (2002) e Johansson e outros (2002) afirmam que os patógenos transportados via urina apresentam riscos insignificantes a saúde pública. O mesmo é apontado por Beal e outros (2007) que não consideram os microrganismos patogênicos excretados na urina com um risco a saúde pública, pois pesquisas relacionadas afirmaram ter uma eficiência na inativação dos mesmos em condições adequadas de estocagem em um período ≥ 6 meses.

De acordo com Schönning (2004) a urina humana normalmente não contém patógenos transmissores de doenças entéricas a outros indivíduos. Desta forma, os riscos de transmissão de doenças envolvendo a manipulação da urina humana estão todos relacionados à contaminação fecal cruzada com a urina, por esse motivo, é importante evitar o contato da urina com a fração fecal e o sanitário separador se faz necessário ao uso (SCHÖNNING; LEEMING; STENSTRÖM, 2002).

Na estruvita, os autores Feachem e outros (1983) afirmam que a proporção de agentes patogênicos nos cristais é considerada ausente, pois a urina excretada já apresenta pouca concentração de patógenos, seguida de uma separação da urina do material fecal, os valores são ainda menores e com o tratamento esses valores são drasticamente extintos. O mesmo é apontado pelos autores Heinonen-Tanski; Pradhan e Karinen, (2010), que afirmam não haver riscos microbiológicos associados ao uso da estruvita.

3.4.1.2 Disruptores endócrinos

Os desreguladores e ou disruptores endócrinos (DEs) são considerados micropoluentes e a utilização desse termo refere-se a substâncias presentes em pequenas concentrações, da ordem de microgramas por litro ($\mu\text{g/L}$) ou nanogramas por litro (ng/L), mas que podem causar efeitos negativos nos sistemas em que são introduzidos, como por exemplo, podem ser tóxicos para animais e causar efeitos adversos na saúde humana (FILHO; ARAÚJO; VIEIRA, 2006). Além disso, as suas altas taxas de transformação e remoção são compensadas pela sua contínua introdução no meio ambiente (PEDROSO, 2007).

Estas substâncias quando difundidas no ambiente aquoso ou acumulados em solos, causam efeitos adversos em nossa saúde e para o ambiente (HALLING-SORENSEN et al., 1998; ZUCCATO et al., 2000; BURKHARDT-HOLM; PETER; SEGNER, 2002; SANDERSON et al., 2003) e portanto, a distribuição desses compostos devem ser evitada.

3.4.2.2.1 Substâncias farmacêuticas

Um dos fatores importantes que deve ser levado em consideração nas ações de saneamento sustentável consiste no fato da excreção urinária ser uma importante via de eliminação de fármacos (ZANCHETTA; PENA; GONÇALVES, 2015). Contudo o impacto de entrada de substâncias farmacêuticas no uso

agrícola não é totalmente compreendido (LUCAS; JONES, 2009; WINKER et al., 2010). Os autores Palmquist; Jönsson, (2004) e Jönsson e outros (2005b) afirmam que na agricultura o risco que os disruptores endócrinos representam é considerado baixo devido à capacidade dos microorganismos do solo de degradar essencialmente qualquer substância orgânica.

Mesmo em concentrações baixas, alguns compostos exógenos, sintéticos ou naturais, têm sido detectados em amostras de águas superficiais em todos os continentes do planeta, principalmente em função da atividade antrópica (RAIMUNDO, 2007). Estudos de ecotoxicidade relativos à exposição a medicamentos utilizados na medicina humana concluíram que alguns fármacos, como o ibuprofeno, a fluoxetina, o diclofenaco, o propranolol e o metoprolol possuem toxicidade aguda elevada para as espécies aquáticas estudadas (DORNE et al., 2007; SANTOS et al., 2010).

De acordo com os autores Maurer, Pronk e Larsen (2006), 80% dos estrogênios naturais e 67% do hormônio artificial 17α -etinilestradiol são excretados na urina. O 17α -etinilestradiol é o disruptor endócrino mais importante encontrado no ambiente aquático, devido ao fato de ser altamente estrogênico e resistente à biodegradação. É o principal estrogênio sintético, e pode ser encontrado nas pílulas anticoncepcionais e aplicado nas terapias de reposição hormonal (FERREIRA, 2008). Os estrogênios sintéticos são estrogênios que tiveram suas estruturas moleculares alteradas e têm a tendência de serem mais potentes do que os estrogênios do corpo e conseqüentemente, mais ativos (RAIMUNDO, 2007).

Os estrogênios naturais estrona, 17β -estradiol, estriol e o sintético, 17α -etinilestradiol, se destacam na literatura, visto que são desreguladores endócrinos que possuem alta estrogenicidade e mesmo em baixas concentrações podem causar efeitos adversos em organismos e estão sendo detectados no meio ambiente (MIERZWA; AQUINO; VERAS, 2009).

Após o processo de precipitação da estruvita derivada da urina, os micropoluentes permanecem, em grande parte, apenas no líquido filtrado (sobrenadante) e não nos cristais de estruvita (ESCHER et al., 2006). A técnica de cristalização da estruvita é capaz de eliminar grande parte dos disruptores

endócrinos presente na urina da estruvita, e assim, reduzir os impactos ambientais negativos desencadeados pela toxicidade dessas substâncias no meio ambiente durante o uso agrícola (BENETTO et al., 2009).

A remoção dos micropoluentes encontrados na urina (DE MES; ZEEMAN, 2004) ainda é uma questão de discussão (JANSSENS; TANGHE; VERSTRAETE, 1997). Pesquisas são necessárias para descrever o destino e a remoção destas substâncias antes de uma utilização segura à agricultura pode ser garantida (FÜRHACKER; LENZ; STARKL, 2004).

3.4.2.2 2 Elementos-traço

O termo recomendado ao uso pela IUPAC quando se referir a “metais pesados” é elementos-traço. Considerado como sem sentido e enganador, o termo “metal pesado” refere-se aos elementos que possuem densidade $\geq 4 \text{ g cm}^{-3}$ e, portanto, deve ser evitado, apesar não haver uma definição autoritativa (DUFFUS, 2002). Assim, nessa pesquisa optou-se por utilizar apenas o termo elemento-traço.

A urina possui uma baixa concentração de elementos-traço, provenientes da ingestão de alimentos contaminados por essas substâncias, como por exemplo: peixes que receberam despejos industriais em seu habitat (KIRCHMANN; PETTERSSON, 1995; JÖNSSON et al., 1997; VINNERÅS; JÖNSSON, 2000; JÖNSSON, 2002; VON MÜNCH; WINKER, 2011). Mais de 90% dos elementos-traço assimilados pelo homem são excretados junto às fezes. Os elementos-traço, que possam estar presentes nos efluentes domésticos originam-se das águas cinza, devido principalmente aos resíduos dos talheres e corantes (KEHOE et al., 1940; MORIYAMA et al., 1989; VAHTER et al., 1991; KIM; FERGUSON, 1993; COMBER; GUNN, 1996; VINNERÅS; JÖNSSON, 2002).

A urina ainda que segregada, apresenta baixas concentrações de elementos-traço (JÖNSEN et al., 1997; JÖNSEN et al., 1999; JOHANSSON et al., 2001; KARAK; BHATTACHARYYA, 2011) e esses valores podem ser visto na Tabela 11.

A concentração dos elementos-traço nas fezes é alta, o que ressalta mais uma vez a importância da segregação entre urina/fezes. A principal razão dessa concentração é que as fezes contêm material não metabólico combinado com alguns materiais metabólicos. A proporção principal de micronutrientes e outros elementos-traço passam através do intestino sem serem afetados (FRAÚSTO DE SILVA; WILLIAMS, 1997 apud JÖNSSON, 2005).

A contaminação por elementos-traço da urina também pode ocorrer pela corrosão de tubos metálicos e/ou por meio da utilização de tanques metálicos empregados no armazenamento da urina. O processo de corrosão é desencadeado por meio do alto teor de amônia e o pH. Portanto, materiais metálicos devem ser evitados em qualquer sistema de coleta, transporte e estocagem de urina (BEAL et al., 2007; STENSTRÖM et al., 2011).

Contudo, se comparada às concentrações de elementos-traço da urina a outros compostos, como o lodo de ETA e ETE, esterco suíno e de aves, e aos fertilizantes fosfatados, os valores serão inferiores (BOTTO, 2013). O mesmo é apontado por Jönsson e outros (2005), onde ao realizarem a mesma comparação obtiveram resultados de que fertilizantes químicos e os estrumes de curral possuem teor de cádmio, cromo e chumbo em níveis superiores à urina humana.

Tabela 11 - Concentração de elementos-traço presentes na urina humana fresca

Parâmetros (mg/L)	Urina humana fresca				
	Kirchmann; Pettersson (1995)	Jönsson et al., (1997)	Heitland; Köster (2004)	Tettenborn et al., (2007)	Botto (2013)
Hg	0,00044 - 0,00055	0,00033	-	-	0,073
Cd	0,0002	≤ 0,001	0,000014 - 0,00035	≤ 0,001	0,02
Pb	0,002	< 0,01	0,0001 - 0,00024	0,131	0
Cr	0,002 - 0,004	0,007	0,00015	0,039	0,01
Co	0,001 - 0,012	< 0,003	0,00027	-	-
Ni	0,015 - 0,227	0,005	0,00065	0,166	0,14
Mn	0	0,005	0,000062	-	-
Cu	0,155	0,067	0,0013 - 0,0108	25,4	0,03
Zn	0,07 - 0,11	0,03	0,019 - 0,665	3,9	0,12
Fe	0,000165 - 0,000205	-	-	1,2 - 2,3	-
As	-	-	0,03	-	-

Fonte: Adaptado de Karak e Bhattacharyya (2011).

Já os elementos-traço da estruvita derivada de urina fresca e estocada, não possuem valores detectados devido à limitação de técnica de precipitação química da estruvita (RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007a).

Ainda, Pronk e outros (2006) afirmam que embora não existam valores limites específicos disponíveis para os micropoluentes em fertilizantes agrícola, a introdução dessas substâncias potencialmente perigosas ao meio ambiente deve ser evitada.

3.4.2 Eficiência agrônômica e valores nutricionais da estruvita

A precipitação da estruvita é considerada uma tecnologia limpa, ecológica ou ambientalmente desejada no nível da planta para um gerenciamento sustentável de nutrientes (BAN, 1998; LIND; BAN; BYDÉN, 2000; YETILMEZSOY et al., 2017). Todos os nutrientes recuperados na forma de estruvita podem ser reutilizados diretamente como um fertilizante ecológico e valioso (LIND; BAN; BYDÉN, 2000; BATTISTONI et al., 2005; ELDIWANI et al.; 2007; UYSAL; YILMAZEL; DEMINER, 2010; METHA; BATTISTONI, 2013; YE et al., 2014). Entretanto, garantir a segurança dos fertilizantes produzidos a partir da urina humana requer avaliação abrangente dos riscos à saúde humana e inovação nas tecnologias de produção de fertilizantes para abordar preocupações identificadas (BISCHEL et al., 2015).

Em se tratando do potencial nutricional das águas residuárias, Shu e outros (2006) afirmam ser necessários 100 m³ /dia de águas residuárias para se produzir aproximadamente 1 kg de estruvita, o que seria o suficiente para aplicar em 2,6 hectares de terra arável, como fertilizante. Ainda, se todas as águas residuárias do mundo fossem tratadas por tecnologia de precipitação química de estruvita, 63.000 toneladas de P₂O₅ (pentóxido de fósforo) poderiam ser recuperados, igualando a produção de 16% de rocha fosfática no mundo.

Dados apontados por Jönsson (1994) afirmam que se todos os nutrientes presentes nas águas residuárias fossem reciclados, o uso de fertilizantes químicos reduziria de 35 a 45%. Contudo, se a recuperação de nutrientes

envolvesse apenas os nutrientes presentes na urina, a capacidade de substituir os fertilizantes químicos comerciais seria de 20 a 25%.

São necessários aproximadamente 500 L de urina humana para se produz 1 kg de estruvita (EAWAG, 2009). Contudo, este rendimento é diretamente proporcional, pois o volume de urina excretado é bastante variável. Alguns trabalhos apontaram rendimentos ainda mais limitados, sendo necessário utilizar volumes maiores de urina para se alcançar uma quantidade viável de estruvita, como por exemplo: Etter e outros (2011) que obtiveram 1 kg de estruvita a partir de 720 L de urina estocada em Siddhipur. Esses rendimentos estão relacionados também aos métodos utilizados na precipitação e também com a quantidade de magnésio utilizada durante o processo de cristalização (ETTER, 2009; GANTENBEIN; KHADKA, 2009; TILLEY et al., 2009).

De acordo com Jönsson et al., (2004) a urina de uma única pessoa durante um ano é o suficiente para fertilizar 300 a 400 m² de cultivo com um nível de aproximadamente 50 a 100 kg N/ha. Ainda, Mashauri e Senzia (2002) afirmaram que as excretas humanas em média possuem a quantidade suficiente de nutrientes para cultivar 230 kg de alimentos anualmente.

Anualmente, um indivíduo que consome uma dieta ocidental produz cerca de 500 L de urina (VINNERÅS et al., 2008; CHANDRAM; PRADHAN; HEINONEN-TANSKI, 2009) e com base nesse valor, Wolgast e outros (1999) afirmaram ser necessária produzir 250 kg de grão para suprir as necessidades calóricas e proteicas dessa mesma pessoa por um ano, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 - Nutrientes contidos em 500 (L) de urina humana e a quantidade de fertilizante necessária para produzir 250 (Kg) de grãos/ano

Nutrientes	Urina humana (500 L)	Quantidade de fertilizante industrial necessário (Kg)
Nitrogênio (N)	4,0	5,6 Kg
Fósforo (P)	0,4	0,7 Kg
Potássio (K)	0,9	1,2 Kg
N + P + K	5,3	7,5 Kg

Fonte: Wolgast e outros (1993).

Com base na Tabela 12 apresentada, Zancheta (2007) concluiu que para os 7,5 Kg de fertilizante industrial necessário para o cultivo de 250 Kg de grãos, seria necessário apenas uma pessoa contribuir com 5,3 Kg de nutrientes, ou seja, 71% da demanda. Portanto, a composição da urina atende em média aos requisitos nutricionais para o crescimento das plantas (HEINONEN-TANSKI; WIJK-SIBESMA, 2005).

Em relação às dosagens de estruvita recomendadas para os cultivos, ainda são primordiais as informações em função da composição química de determinados tipos de estruvita, das exigências culturais e características do solo. Dosagens na ordem de 2,0 g de estruvita/1,6 kg de solo apresentaram efeito significativo no cultivo de repolho chinês (*Brassica Pekinensis*) (RYU et al., 2012). Alguns estudos apontam que as dosagens devem ocorrer em função da concentração de fósforo contida na estruvita ou nas exigências nutricionais de cada planta (GONZÁLEZ-PONCE et al., 2009; LIU; RAHMAN; KWAG, 2011; ANTONINI et al., 2012; YETILMEZSOY et al., 2013).

A produção de alface (*Lactuca sativa L.*) apresentou resposta positiva quanto à aplicação da estruvita devido ao acúmulo de fósforo nos vegetais (GONZÁLEZ-PONCE et al., 2009). Além disso, a características de liberação lenta da estruvita promoveu uma série de funções positivas ao sistema radicular do repolho. Já os autores Yetilmezsoy e outros (2013) obtiveram respostas positivas quanto ao uso da estruvita no cultivo de plantas medicinais, entre elas destacaram-se a ausência de sintoma de toxicidade em peixes e o baixo acúmulo de elementos-traço nas plantas.

De acordo com Antonini e outros (2012), o cultivo de milho (*Zea mays L.*) realizado através da aplicação da estruvita, recuperada a partir da urina humana, mostrou produtividade superior aos fertilizantes convencionais. Na Tabela 13 é possível notar a diferença entre os teores de nutrientes presentes na estruvita e nos fertilizantes industriais.

Tabela 13 - Comparação entre os teores de nutrientes obtidos na estruvita e os presentes nos fertilizantes industriais

Nutrientes	Concentração em % (m/m)			
	Estruvita	Superfosfato simples	Nitrato de amônia e cálcio	Sulfato de potássio e magnésio
Nitrogênio	19	-	20	-
Fósforo	18	18	-	-
Potássio	0,4	-	-	18
Cálcio	1,7	20	2 – 8	-
Magnésio	17	-	1 – 5	4,5

Fonte: Adaptado de Cardinali e outros (2009).

Ainda, Cabeza e outros (2011) estudaram a eficácia do uso da estruvita como fertilizante em comparação ao superfosfato. Os testes foram conduzidos durante dois anos e a cultivar utilizada no experimento foi o milho aplicado a dois tipos de solos com pH contrastante (4,7 e 6,6). Os resultados mostraram que estruvita é tão eficaz quanto o superfosfato em ambos os solos.

O sabor e qualidade química dos produtos são semelhantes às plantas tratadas com fertilizantes industriais (HEINONEN-TANSKI; PRADHAN; KARINEN, 2010).

Embora a absorção de fósforo se assemelhe entre os vários tipos de estruvita em relação aos fertilizantes industriais, os rendimentos em biomassa de canola (*Brassica napus L.*) para estruvita precipitada em diferentes matrizes, foram semelhantes, e significativamente menores do que os fertilizantes industrializados. A possível explicação pode estar relacionada à baixa solubilidade da estruvita em pH alcalino, o torna necessário a complementação de fósforo solúvel nas aplicações de estruvita em alguns tipos de solo (ACKERMAN et al., 2013).

Desta forma, Liu e outros (2016) recomendam solubilizar a estruvita em água de irrigação ácida (pH 6), pois a mesma apresentou maior influência na disponibilidade de fósforo em relação aos solos ácidos.

A solubilidade da estruvita de fato aumenta em pH ácidos sendo bem caracterizada (BOOKER; PRIESTLEY; FRASER, 1999; BHUIYAN; MAVINIC; BECKIE, 2007). No entanto, pouco se sabe sobre sua solubilidade e a liberação de fósforo quando aplicada ao solo. Assim, devido sua baixa solubilidade, em

comparação aos fertilizantes comerciais, a estruvita é considerada um fertilizante de taxa de liberação lenta.

A estruvita possui alto valor comercializável e potencial de uso agrícola como fertilizante sólido de liberação lenta na agricultura (STEN, 1998; SMIL, 2000; MAURER; SCHWEGLER; LARSEN, 2003; ELDIWANI et al.; 2007; TILLEY et al., 2009; UYSAL; YILMAZEL; DEMINER, 2010; HAO et al., 2013; KUMAR et al., 2013; XAVIER et al., 2014; VOGEL et al., 2015; BONVIN et al., 2015; HÖVELMANN; PUTNIS, 2016). A taxa de liberação lenta da estruvita é vista como uma vantagem em relação aos fertilizantes industriais, pois os nutrientes são liberado no solo gradativamente, permitindo que as plantas assimilem apenas as quantidades necessárias ao seu desenvolvimento, não havendo excessos, os mesmos não são lixiviados do solo para os corpo hídricos, diminuindo assim, os processos de eutrofização e a frequência de aplicação (BHUIYAN; MAVINIC; KOCH, 2008).

Conforme já mencionado, a estruvita tem um elevado potencial nutritivo para combater as deficiências nutricionais encontradas no modelo de agricultura convencional, bem como substituir o uso de fertilizantes industriais (WINKER et al., 2009). Entretanto, o cultivo da beterraba sofreu uma grande influência com a aplicação da estruvita, devido à elevada exigência da cultura por magnésio (DE BASHAN; BASHAN, 2004). Diante de tantos estudos relacionados ao uso agrícola da estruvita, os autores Antonini e outros (2012) ressaltam a importância da associação da estruvita com outros condicionadores de solo, tornando a estruvita um fertilizante ainda mais eficiente.

Os fertilizantes à base de estruvita são comercializados em forma granular. Por exemplo, o fertilizante de estruvita da *Crystal Green* está disponível como fertilizante granulado com diâmetro médio das partículas de 2,4 mm, recomendado para uso agrícola (DEGRYSE et al., 2017). De acordo com Etter e outros (2011), a melhor forma de comercializar a estruvita é na forma granular devido à dificuldade apresentada em se utilizar a mesma em pó, pois existe o risco de aglutinamento quando exposta a umidade e o risco de espalhamento diante da ação eólica que facilmente as transporta.

A aplicabilidade do uso da estruvita na indústria de fertilizantes se caracteriza como uma alternativa para a destinação de resíduos e como um estudo importante de visibilidade na melhora das condições atualmente encontradas nas ETEs (BARROS; SILVA; ARAÚJO, 2012). Winker e outros (2009) concluíram que os novos fertilizantes provenientes dos sistemas de saneamento têm um elevado potencial para introduzir uma nova e promissora forma de tratamento dos esgotos com vista na recuperação de nutrientes.

De acordo com Richert e outros (2011) o valor econômico da urina pode ser calculado através da comparação entre quantidade de nutrientes excretados, o preço atual dos fertilizantes minerais no mercado local ou por meio do cálculo do incremento de produção do cultivo adubado. Em Burkina Faso, o valor de um balde de 20 L de urina é estimado em US\$ 25 centavos de dólar Americano. Então, sabendo que uma pessoa produz em média 500 litros de urina por ano, isso equivaleria a um valor de aproximadamente de US\$ 6 a 7 dólares por ano.

A viabilidade da estruvita é limitada pelo alto custo com reagentes químicos (ROMERO-GUIZA et al., 2015). Outro fator apontando com grande causador de impacto na viabilidade financeira do processo de precipitação da estruvita é o pH (JIA et al., 2017). No entanto, Le Corre e outros (2009) acreditam que os benefícios gerados superam os custos do processo de produção da estruvita.

Dada uma instalação com Capex e Opex definidos em função de valores de mercado, a receita bruta obtida com o investimento é superior as despejas com o funcionamento do processo de produção da estruvita, assim, nesse contexto é calculado por Yetilmezsoy e outros (2017) um payback (tempo de recuperação do capital investido) é de 6 anos. Os resultados deste estudo corroboram a viabilidade econômica do processo de recuperação de estruvita.

Assim, como a humana, a urina de origem bovina é considerada como um fertilizante agrícola que possibilita aos pequenos produtores rurais obter uma alternativa agroecológica para reduzir a dependência do uso de agrotóxicos e outros produtos químicos externos (GADELHA; CELESTINO; SHIMOYA, 2002).

Entre as vantagens proporcionadas pela aplicação da urina de vaca na agricultura, estão: (a) diminuição do uso de defensivos agrícolas; (b) diminuição

da toxicidade e riscos à saúde do agricultor; (c) redução nos custos de produção para agricultores familiares; (d) pode ser adquirida a baixo custo, além de permitindo à integração pecuária a produção agrícola (GADELHA; CELESTINO; SHIMOYA, 2002; OLIVEIRA et al., 2009).

Resultados positivos em crescimento da produção já foram constatados com a aplicação da urina de vaca em diferentes culturas, tais como pimentão, alface, couve, tomate e o feijão (PESAGRO-RIO, 2002). O efeito benéfico que a urina de vaca provoca nas plantas já foi demonstrado experimentalmente por Gadelha, Celestino e Shimoya (2002), na aplicação do fertilizante natural a 50% em mudas de abacaxi e também por César e outros (2007) que utilizou a urina em 20% concentrada em mudas de pepino que se desenvolveram de forma rápida.

A estruvita recuperada a partir da urina de vaca é considerada não só como uma fonte renovável sustentável, mas também como uma boa fonte de fosfato. De acordo com o estudo feito por Prabhu e Mutnuri (2014) sobre o potencial da estruvita derivada de urina de vaca como fertilizante agrícola, os resultados foram satisfatórios e apontaram ser necessário apenas 2,0 g de estruvita por quilograma de solo para obter um melhor crescimento de plantas, entre as menores concentrações utilizadas.

Contudo, deve ser mantido em mente que esses novos produtos devem ser ajustados para que as aplicações sejam viáveis e disponíveis na agricultura, garantindo o seu uso bem-sucedido. A implementação desses novos fertilizantes no mercado ainda é motivo de dúvidas e questionamentos. Winker e outros (2009) concluíram que para os fertilizantes derivados dos sistemas de saneamento, mais pesquisas deverão ser realizadas com o intuito de preencher as lacunas ainda existentes e obter novas informações capazes de aperfeiçoar a manipulação, o tratamento e a utilização dos mesmos na atividade agrícola.

4 MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, tendo uma base teórica e empírica com finalidade descritiva e exploratória. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas metodológicas a fim de atender aos objetivos que motivaram a elaboração da dissertação (Quadro 3). Diante do tipo de investigação que envolve a pesquisa, foram apresentadas e seguidas normas que respeitam as questões éticas quanto à proteção dos sujeitos da pesquisa.

Quadro 3 - Etapas metodológicas da pesquisa

(Continua)

Etapa 1 – Caracterização quali-quantitativa	Forma a ser realizada
Estudo da composição da UH e UB*	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimentos de coleta e transporte; • Análise de detecção e quantificação de hormônio e outros fármacos; • Análises físico-químicas e microbiológicas durante o período de estocagem; • Análise para determinação de elementos-traço; • Recuperação de nutrientes via precipitação química da estruvita; • Caracterização química e microestrutural do precipitado.
Etapa 2 – Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos	Forma a ser realizada
Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos	<ul style="list-style-type: none"> • Definição da equipe multidisciplinar pela execução; • Identificação dos sujeitos expostos; • Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos.
Etapa 3 – Conhecendo a percepção de risco de agricultores	Forma a ser realizada
Delimitação da área de estudo	<ul style="list-style-type: none"> • Demarcação territorial do local de estudo; • Diagnóstico inicial da situação local (fase exploratória); • Descrição situacional sociocultural e ambiental (população e local).

(Continuação)

Etapa 3 – Conhecendo a percepção de risco de agricultores	Forma a ser realizada
Sujeitos da pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> • Seleção dos sujeitos elegíveis.
Mobilização social	<ul style="list-style-type: none"> • Aproximação e sensibilização (reunião geral).
Coleta de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Estudo piloto; • Aplicação do questionário misto semiestruturado para a população do estudo.
Análise de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Análise documental; • Categorização dos dados; • Transcrição das entrevistas.

*UH – Urina Humana e UB – Urina Bovina.

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

4.1 ETAPA 1

4.1.1 Caracterização quantitativa da urina humana (UH)

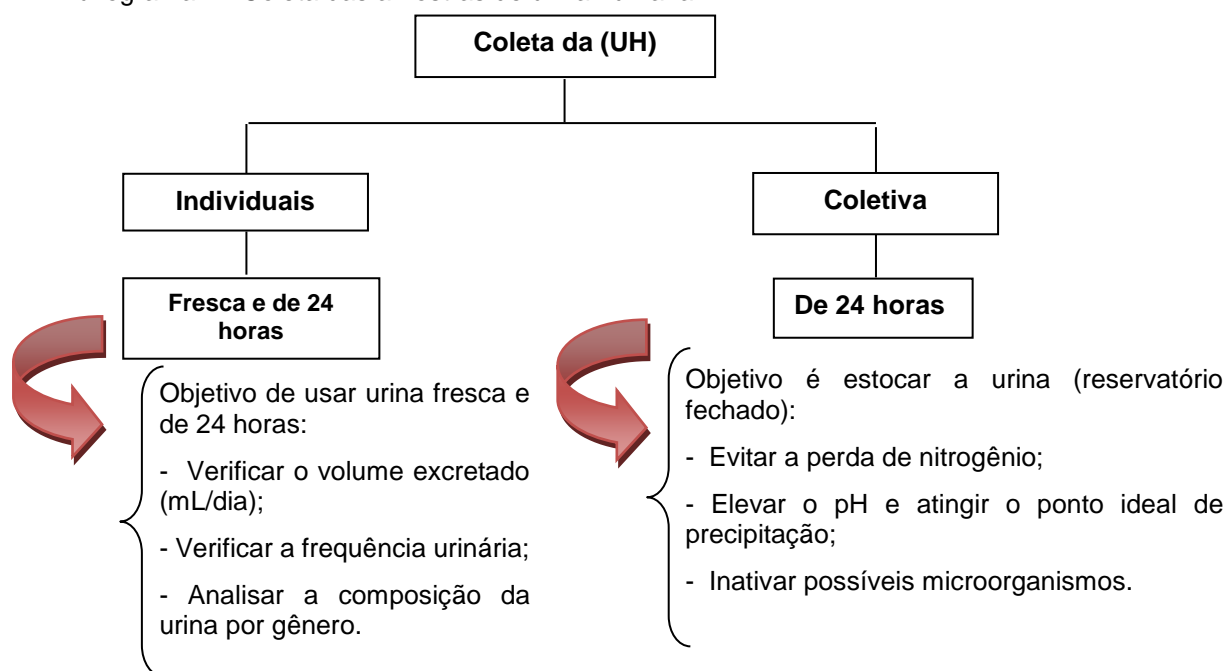
A caracterização quantitativa foi realizada por meio de 3 campanhas de coletas individuais e coletivas (Fluxograma 1), separadas por gênero e com respectivas durações de 24, 168 e 672 horas.

O procedimento de coleta individual de urina fresca² e urina de 24 horas³ foi realizado por meio da colaboração de 18 pessoas, entre homens e mulheres adultos e saudáveis na faixa etária entre 21 a 32 anos, sendo estes, os pesquisadores do próprio grupo de pesquisa Núcleo Água.

² Caracteriza-se como urina fresca aquela recém-excretada (COZZOLINO, 2012).

³ Volume de urina coletada a partir da segunda urina de um dia, até a primeira do seguinte (COZZOLINO, 2012).

Fluxograma 1 - Coleta das amostras de urina humana



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Já as coletas coletivas, contaram também o com apoio de colaboradores externos, e toda a urina foi coletada através de mictórios secos adaptados e com dispositivo antidolorante para não exalar odor (Figura 8).

Figura 8 - (a) mictório masculino, (b) mictório feminino



Fonte: autoria própria (2018).

Os dispositivos de coleta foram instalados, mediante autorização, nos banheiros (masculino e feminino) do Núcleo água, do restaurante Cia & Sabor e nas edificações do Centro Tecnológico - CT I, II, VI e VIII, ambos localizados na Universidade Federal do Espírito Santo (Tabela 14).

Tabela 14 - Distribuição dos mictórios secos no Centro Tecnológico

Localização	Quantidade*	Tipo de mictório	
E - Núcleo Água	2	Masculino e Feminino	
CT I - Eng. Civil	1	Masculino	
CT II - Eng. Elétrica	1	Masculino	
CT VI - Secretarias	1	Masculino	
CT VIII - Eng. Ambiental	3	Masculino e Feminino	
Cantina Cia & sabor	1	Feminino	

*No total a pesquisa contou com 7 mictórios secos. Contudo, a fim de abranger uma quantidade maior de banheiros no CT, alguns mictórios que apresentam baixa adesão em determinados prédios foram realocados mediante autorização.

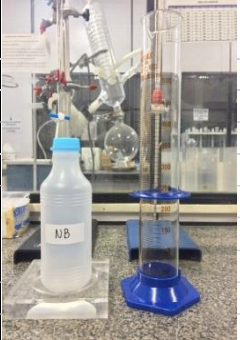
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Toda a urina coletada dos mictórios foi encaminhada ao processo de estocagem, para futuramente serem utilizadas por outros pesquisadores nas precipitações em grande escala por meio de um reator ou cristalizador de estruvita.

4.1.1.1 Aspectos quantitativos

Inicialmente, foi avaliada e monitorada a frequência urinária, o volume de urina a cada micção e o volume médio *per capita*, calculado a partir da média do volume de cada dia, dividido pela quantidade de usuários voluntários (n), que foram avaliados durante uma semana. Para cada voluntário foi entregue um kit, onde os mesmos levaram para suas residências e permaneceram com posse durante o período de análise. O kit foi composto por uma planilha, frascos e uma proveta estéril para auxiliar na medição do volume de cada ato (Figura 9).

Figura 9 - Kit para medição de volume de urina

Controle do volume urinário (Humano)								
Nome do voluntário: _____		Idade: _____ anos		Peso: _____ Kg		Usou algum medicamento durante: <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
Período: ____/____/____ a ____/____/____								
Dias da semana								
Total de micções/dia	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom
	Nº Vezes	Volume (mL)	Nº Vezes	Volume (mL)	Nº Vezes	Volume (mL)	Nº Vezes	Volume (mL)
	1º		1º		1º		1º	
	2º		2º		2º		2º	
	3º		3º		3º		3º	
	4º		4º		4º		4º	
	5º		5º		5º		5º	
	6º		6º		6º		6º	
	7º		7º		7º		7º	
	8º		8º		8º		8º	
	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom	<input type="checkbox"/> Seg <input type="checkbox"/> Ter <input type="checkbox"/> Qua <input type="checkbox"/> Qui <input type="checkbox"/> Sex <input type="checkbox"/> Sáb <input type="checkbox"/> Dom		
	Nº Vezes	Volume (mL)	Nº Vezes	Volume (mL)	Nº Vezes	Volume (mL)		
	1º		1º		1º			
	2º		2º		2º			
	3º		3º		3º			
	4º		4º		4º			
	5º		5º		5º			
6º		6º		6º				
7º		7º		7º				
8º		8º		8º				

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Parte da micção diária de alguns voluntários foi realizada nos banheiros do Núcleo Água, o que promoveu coletas individuais de urina fresca durante o período de avaliação. O objetivo foi monitorar com precisão o volume e a frequência urinária de homens e mulheres.

Além da proveta, os usuários tinham a opção de usar frascos de 500 mL, que foram devidamente identificados e distribuídos aos colaboradores a cada ida ao banheiro durante o período de análise. Para as mulheres foi disponibilizado também funis de plástico para que não haja nenhuma perda de urina. A cada micção, os frascos, as provetas e os funis eram previamente higienizados com álcool 70% e as amostras individuais frescas eram encaminhadas para o tratamento de estocagem (Figura 10).

Figura 10 - Reservatórios de estocagem



UM - Urina Masculina; UF - Urina Feminina e UB - Urina Bovina.
Fonte: autoria própria (2018).

4.1.1.2 Avaliação da aceitabilidade dos mictórios secos instalados

Durante a coleta foi avaliada a quantidade de pessoas que usaram os banheiros diariamente em um período de 28 dias. Para tal, foi utilizada uma planilha de frequência denominada de “raspadinha do xixi” que foi fixada ao lado dos dispositivos de coleta para marcação quando usavam os mictórios secos (Figura 11). O objetivo da planilha foi verificar a aceitação dos usuários pelos mictórios secos instalados.


A aceitação social é vital para a implementação dos sanitários separadores de urina. Entretanto, não basta proporcionar às pessoas apenas um dispositivo instalado nos banheiros, é preciso tomar algumas medidas para que as pessoas entendam, aceitem, usem e os mantenham adequadamente instalados nos banheiros (MKHIZE et al., 2017).

Assim, a educação sanitária deve ser fornecida antes e depois da instalação dos sanitários separadores de urina, visando garantir a aceitação e uso correto da nova tecnologia (MKHIZE et al., 2017). Desta forma, foram realizadas campanhas de conscientização em todo o Centro Tecnológico, antes e após a instalação dos mictórios secos, por meio de palestras e colagem de cartazes em pontos estratégicos que ofereciam fácil visibilidade. Foram realizados junto a outros pesquisadores campanhas de divulgação da pesquisa na internet.

Figura 11 - Planilha de frequência – “Raspadinha do xixi”

RASPADINHA DO XIXI - Projeto estruvita utilizando o mictório seco		Dia _____ Mês _____ 2018											
Matutino	7 às 8	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	8 às 9	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	9 às 10	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	10 às 11	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	11 às 12	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Vespertino	12 às 13	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	13 às 14	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	14 às 15	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	15 às 16	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	16 às 17	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	17 às 18	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Noturno	18 às 19	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	19 às 20	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	20 às 21	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	21 às 22	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺
	22 às 23	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺	☺

Sua ajuda é indispensável para o sucesso da nossa equipe. Obrigado! Equipe Estruvita.



Projeto Estruvita

Lembre-se de lavar as mãos após o uso!

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Para análise de aceitabilidade dos mictórios, considerou-se como mictório aceito aquele que apresentava volume de urina e *smile* raspado, pois é entendido que a partir do momento que um indivíduo raspe, ainda que seja um único *smile*, o mictório foi aceito. A não aceitabilidade se aplica na não raspagem dos *smiles* e a não micção. Ressalto que todos os dados foram analisados empregando diferentes testes estatísticos.

4.1.2 Caracterização quantitativa da urina bovina (UB)

A caracterização quantitativa foi realizada por meio de campanhas com coletas individuais e coletivas. Para pesquisa foram utilizados 19 animais criados em sistema semi-intensivo. Vale ressaltar, que toda a urina coletada foi apenas de fêmeas que estavam no período de lactação, com idade entre 3 a 6 anos e ainda que sejam saudáveis e com a vacinação em dia.

A coleta da urina bovina foi realizada em uma fazenda que fica localizada aproximadamente 25 km da Universidade Federal do Espírito Santo. A escolha do local é justificada mediante a facilidade de acesso, transporte e por atender aos requisitos da pesquisa.

As amostras de urina bovina foram coletadas no período matutino de 4 a 7 horas da manhã com o auxílio de um balde no momento da ordenha, período este em que geralmente as vacas em lactação costumam urinar (Figura 12). Ainda, durante os períodos de coleta, com o auxílio de uma proveta mediu-se o volume de urina excretado.

Figura 12 - Método de coleta da urina bovina durante a ordenha



Fonte: autoria própria (2018).

O volume coletado foi de aproximadamente 13 L e todos os procedimentos usados na preservação e tratamento das amostras de urina humana foram aplicados na urina bovina.

Segundo as recomendações do PESAGRO-RIO (2002), a urina coletada das vacas deve ser armazenada em recipientes de plástico com tampa, previamente desinfetado. Ainda, é importante ressaltar que a urina bovina quando estocada em recipientes fechados pode permanecer por até um ano sem quaisquer alterações nas suas características.

4.1.3 Transporte das amostras

Após coleta, as bombonas devidamente fechadas foram transportadas para um local seguro, por onde permaneceram até as análises laboratoriais. Todo o transporte da carga ocorreu de forma manual com auxílio de um carrinho de carga (Figura 13).

Figura 13 - Meio de transporte utilizado durante as coletas de urina humana



Fonte: autoria própria (2018).

4.1.4 Caracterização qualitativa da urina e estruvita de origem humana e bovina

4.1.4.1 Análise de detecção e quantificação de fármacos na urina

Esta etapa consistiu no estudo do comportamento (detecção e quantificação) de alguns fármacos de interesse, presentes na urina humana. Os dados farmacocinéticos, reações adversas dos fármacos utilizados, bem como, as

características, nomenclaturas, fórmulas estruturais dos padrões estão apresentadas no Quadro 4.

Para a urina bovina serão aplicados os mesmos fármacos utilizados na análise da urina humana. O intuito foi avaliar se os bovinos se contaminam com essas substâncias farmacêuticas ao ingerir água de um córrego que corta a propriedade e que recebe descargas de efluentes domésticos sem tratamento.

A análise foi dividida em 3 etapas metodológicas: (I) coleta das amostras; (II) extração das amostras e (III) método de análise.

4.1.4.1.1 Coleta das amostras

As amostras de urina bovina e humana (homens e mulheres) foram coletadas respectivamente frescas e em 24 horas, com um volume de 13 L por amostra. No entanto, essa análise fez uso de aproximadamente 4 mL por amostra.

4.1.4.1.2 Extração das amostras

Uma alíquota de 4 mL de cada amostra de urina foi transferida para um tubo de centrifugação de vidro âmbar com mais 6 mL de H_2SO_4 $0,005 \text{ mol.L}^{-1}$, agitada em vórtex e levada ao banho de ultrassom (*LimpSonic®*, Brasil) durante 5 min. Posteriormente procedeu-se a centrifugação durante 15 min a 4.444 g (força gravitacional) ou RCF (força centrífuga relativa) a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ (ZANCHETTA, PENA, GONÇALVES, 2015). O sobrenadante foi filtrado através de membrana filtrante VertiPure™ PTFE, Syringe filters, 13 mm, $0,2 \text{ } \mu\text{m}$ antes da injeção no sistema cromatográfico.

Quadro 4 - Dados farmacocinéticos e reações adversas dos padrões cromatográficos utilizados na pesquisa

(Continua)

Compostos	Marca	Pureza (%)	Nome IUPAC	Fórmula molecular	Peso molecular (g/mol)	Excreção urinária (%)	Meia-vida (h) ^a	Reações adversas ^a
FÁRMACOS								
Diclofenaco de sódio	Dr.Ehrenstorfer	99,21	Ácido 2- [2- (2,5-dicloroanilino) fenil] acético	<u>C₁₄H₁₁Cl₂NO₂</u>	296,15	65 ^a	1,1±0,2	Elevações das transaminases hepáticas, reações alérgicas, retenção de líquidos, edema e comprometimento das funções renais
Prednisolona	Sigma	>99	1,4-Pregnadiene-11β,17α,21-triol-3,20-dione, 1-Dehydrocortisol, 1-Dehydrohydrocortisone, 11β,17α,21-Trihydroxy-1,4-pregnadiene-3,20-dione	<u>C₂₁H₂₈O₅</u>	296,15	26±9	2,2±0,5	Anormalidades hidroeletrolíticas, hipertensão, hiperglicemia, aumento da suscetibilidade à infecções, osteoporose, miopatia, distúrbios do comportamento, cataratas, parada do crescimento e a compleição característica da dosagem excessiva de esteróides (redistribuição da gordura, estrias, acnes, hirsutismo)
Norfloxacino	INLAB Confiança	99,3	Norfloxacin; 70458-96-7; Norfloxacin; Noroxin; Chibroxin; Baccidal	<u>C₁₆H₁₈FN₃O₃</u>	319,33	33-48 ^b	3-5	Náuseas, vômitos, desconforto abdominal, diarreia, colite, cefaleia branda, tontura, delírios, convulsões

(Continuação)

Compostos	Marca	Pureza (%)	Nome IUPAC	Fórmula molecular	Peso molecular (g/mol)	Excreção urinária (%)	Meia – vida (h) ^a	Reações adversas ^a
FÁRMACOS								
Paracetamol	Dr.Ehrenstorfer	99,91	N-(4 Hydroxyphenyl) acetamide	<u>C₈H₉NO₂</u>	151,20	90-100 ^a	2,0±0,4	Epigastralgia, distúrbios gastrointestinais e reações de hipersensibilidade.
17α- etinilestradiol	Dr.Ehrenstorfer	96,74	Ethinyl estradiol; Ethinyl estradiol; Ethinylestradiol; ETHINYLESTRADIOL; Ethinylestradiol; 57- 63-6	<u>C₂₀H₂₄O₂</u>	296,4	40 ^c	13-27	Efeitos carcinogênicos, metabólicos e cardiovasculares

*Brunton (2012)^a; ANVISA (2018)^b; Cunha, 2014^c.

Fonte: Adaptado de Campos (2011).

4.1.4.1.3 Método de análise

A utilização de diferentes métodos de análise tem o objetivo de identificar com maior precisão os hormônios e outros fármacos na urina. Desta forma, as amostras foram analisadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) utilizando-se, para validar as análises, padrões com alto grau de pureza.

A análise das amostras foi realizada em um sistema de cromatografia da série Shimadzu CBM-20A, equipado com um desgaseificador de solventes DGU-20AS, uma bomba quaternária de gradiente LC-20AT, um injetor manual com um loop de 20 μL e um detector de arranjos de diodos SPM-M20A, conforme Figura 14.

O CLAE se encontra no Laboratório de Cromatografia (LABCROM) na UFES.

Figura 14 - Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (CLAE)



Fonte: autoria própria (2018).

A coluna cromatográfica utilizada nesse estudo foi à coluna analítica Kinetex™ C18 (100 X 2,1 mm, 2,6 μm). O comprimento de onda de detecção foi 238 nm. Em todas as análises, a coluna permaneceu acondicionada à temperatura constante de 37 $^{\circ}\text{C}$ utilizando um módulo aquecedor de coluna da Shimadzu.

O volume de injeção para as análises foi de 20 μL das amostras e a fase móvel foi em um fluxo de 0,5 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$. A solução de 0,025 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ de ácido fosfórico, metanol

(MeOH) e acetonitrila (ACN) (910:70:20; v/v/v), foi utilizada como fase móvel A, enquanto a fase B foi composta por acetonitrila 100%.

O perfil do gradiente iniciou-se com 100% da fase móvel A e foi executado de forma isocrática no intervalo de 0 a 10 min. Entre 10 e 13 min. aplicou-se um gradiente linear de acetonitrila variando a porcentagem da fase móvel B de 0 a 40%. Entre 13 e 18 min. o gradiente linear variou de 40 a 80%. Em seguida, o gradiente linear de 80 a 100% foi aplicado no intervalo de 18 e 35 min. Entre 35 e 35,5 minutos, o gradiente retornou à condição inicial e manteve-se até o reequilíbrio da coluna.

Todas as soluções preparadas para compor as fases móveis foram desgaseificadas por 15 min em banho ultrassom (*LimpSonic*®, Brasil), antes de serem utilizadas.

Com os fármacos diluídos em solução metanol 100%, as separações cromatográficas foram realizadas à temperatura ambiente (25 °C). Os pontos da curva de calibração dos padrões cromatográficos estão na Tabela 15.

Tabela 15 - Pontos da curva de calibração dos padrões cromatográficos

Pontos	Fármacos									
	Diclofenaco de sódio 18 µL mL ⁻¹		Prednisolona 60 µL mL ⁻¹		Paracetamol 40 µL mL ⁻¹		Norfloxacino 7 µL mL ⁻¹		17α-Etinilestradiol 150 µL mL ⁻¹	
	[] (µg mL ⁻¹)	Vol. da Soluç. Pad. (µL)	[] (µg mL ⁻¹)	Vol. da Soluç. Pad. (µL)	[] (µg mL ⁻¹)	Vol. da Soluç. Pad. (µL)	[] (µg mL ⁻¹)	Vol. da Soluç. Pad. (µL)	[] (µL mL ⁻¹)	Vol. da Soluç. Pad. (µL)
1	0,18	10	0,60	10	0,40	10	0,07	10	1,5	10
2	0,36	20	1,20	20	0,80	20	0,14	20	3,00	20
3	0,72	40	2,40	40	1,60	40	0,29	40	6,00	40
4	1,08	60	3,60	60	2,40	60	0,43	60	9,00	60
5	1,44	80	4,80	80	3,20	80	0,57	80	12,00	80
6	1,80	100	6,00	100	4,00	100	0,72	100	15,00	100

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.1.4.2 Estudo do comportamento das amostras durante a estocagem

Para o procedimento de estocagem da urina humana, foi coletada apenas urina de 24 horas. Já a urina bovina, foi coletada fresca.

Iniciada a coleta da urina, as amostras foram segregadas de acordo com o gênero, homogeneizadas e distribuídas em seus respectivos reservatórios escuros, na cor azul, fechados com tampa roscada e com capacidade de armazenamento para 13 L de urina cada. Ambos os reservatórios possuíam uma torneira, localizada a 8 cm do fundo, por onde foi feita a coleta das amostras para análises (Figura 10). Vale ressaltar que o mesmo procedimento de estocagem utilizada à urina humana foi aplicado à urina bovina.

O período de estocagem das amostras foi de 30 dias, período esse monitorado rigorosamente a cada 5 dias.

4.1.4.2.1 Análises físico-químicas e microbiológicas

A caracterização físico-química das amostras de urina foi realizada no laboratório de saneamento da UFES (LABSAN), por meio da metodologia proposta no *Standard Methods for The Examination of Water and Wasterwater* (APHA, 2012). As variáveis analisadas estão descritas no Quadro 5 abaixo:

Os critérios utilizados na escolha das análises físico-químicas estão todos relacionados ao monitoramento do processo de estocagem, e que diretamente contribui na determinação do potencial para precipitação de estruvita e na sobrevivência dos microorganismos patogênicos, onde destacam-se a temperatura, pH e a amônia.

Quadro 5 - Princípios dos métodos de análise físico-química

Análise	Princípio do método
Temperatura	Termométrico
Determinação de pH	Eletrométrico
Condutividade elétrica	Condutivimétrico
Nitrogênio amoniacal (N-NH ₄)	Titulométrico
Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK)	Titulométrico
Fósforo total (P _{total})	Colorimétrico

Fonte: adaptado de APHA, 2012.

As análises de temperatura, pH e condutividade elétrica foram realizadas *in loco* e em dias pré-determinados. Após verificação do pH, temperatura e condutividade, foram retiradas dos reservatórios, alíquotas de cada amostras para a realização das análises de fósforo total, nitrogênio (NTK e N-NH₄) e as análises microbiológicas.

As análises microbiológicas foram realizadas através da avaliação da densidade de *E. coli* e dos Coliformes totais (NMP/100mL) utilizando a técnica do substrato cromofluorogênico (Colilert®), com quantificação por meio de cartela Quanti - tray 2000. Todos os métodos laboratoriais obedeceram aos procedimentos recomendados por APHA, (2012).

4.1.4.3 Análise para determinação de elementos-traço nas amostras de urina

Após o período de 30 dias de estocagem, foi realizada a análise nas amostras de urina estocada para determinar as concentrações de: Arsênio (As), Cádmiio (Cd), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Crômio (Cr) e Mercúrio (Hg). As concentrações desses elementos-traço foram obtidas através da técnica de Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS).

O equipamento da marca Nexlon 300D, Perkin Elmer é constituído por sistema de introdução de amostra aquoso contendo, um nebulizador Meinhard tipo C, uma câmara ciclônica com anteparo e cones de níquel 1,1 mm i.d (Figura 15). O ICP-MS está localizado no Laboratório de Espectrometria Atômica (LEA), no prédio do LabPetro, na Universidade Federal do Espírito Santo.

Figura 15 - Espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS)



Fonte: autoria própria (2018).

4.1.4.3.1 Procedimento de coleta e preparo das amostras

As amostras de urina foram coletadas dos reservatórios de estocagem e armazenadas em tubos Falcon de polipropileno de 15 mL.

Para o procedimento de decomposição das amostras de urina, adicionou-se 1 mL de amostras nos frascos específicos para o uso em forno micro-ondas, onde foram adicionados 1 mL de ácido nítrico (HNO_3) concentrado, 1 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30% v v⁻¹ e 5 mL de água ultrapura tipo 1⁺. Os frascos permaneceram abertos por 10 minutos para que fosse realizada uma pré-digestão das amostras. Em seguida, os frascos foram fechados e a mistura foi submetida à

decomposição assistida por radiação micro-ondas conforme o programa de aquecimento descrito na Tabela 16.

Tabela 16 - Programa de aquecimento utilizado para a decomposição assistida por micro-ondas

Etapa	trampa (min)	T (°C)	tpermanência (min)
1	10:00	100	10:00
2	10:00	180	10:00
Resfriamento	-	50	-

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Após a decomposição ácida, as amostras foram transferidas quantitativamente para os tubos Falcon de polipropileno e o volume foi aferido para 15 mL.

As condições operacionais do ICP-MS estão descritas na Tabela 17.

Tabela 17 - Condições operacionais do ICP-MS

Parâmetro	Condição
Potência da Radiofrequência (W)	1500,00
Vazão do gás de nebulização (L.min ⁻¹)	1,00
Vazão do gás auxiliar (L.min ⁻¹)	1,20
Vazão do gás de plasma (L.min ⁻¹)	16,00

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.1.4.4 Técnica de recuperação de nutrientes da UH e UB por meio da precipitação química de estruvita

Os testes de precipitação química de estruvita foram realizados conforme o método proposto por Rebouças e outros (2008), com urina estocada. O principal intuito foi de obter apenas a estruvita para a realização da caracterização microestrutural e química dos precipitados.

4.1.4.4.1 Precipitação da urina humana em escala de bancada, filtração e secagem do precipitado

Durante o teste padrão para a precipitação da estruvita foi utilizado as amostras de urina humana dos reservatórios de estocagem. O motivo pelo qual optou-se por não precipitar estruvita utilizando a urina fresca é o fato de que ambas as amostras apresentarem pH inicial de 5,22 a 6,28, o que não se configura ideal ao processo.

Usualmente nos estudos de precipitação da estruvita, o pH da urina fresca é elevado pela adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH - 5N), contudo a estocagem favorece naturalmente a alcalinização desejada para a técnica que varia entre 9 a 10.

Com o intuito de aperfeiçoar a técnica de Rebouças e outros (2008), tem-se utilizado as sementes de melancia trituradas como substrato alternativo de alcalinização da urina (ALMEIDA et al., 2008). Foram realizados alguns testes inicialmente, porém não foi necessária à utilização das sementes de melancia, pois toda a urina masculina e feminina utilizada para a precipitação já se encontrava com o pH ideal.

Após a verificação do pH, Rebouças e outros (2008) afirmam que ao se adicionar óxido de magnésio (MgO) P.A. em concentrações de 0,15 g/L na urina humana estocada estará garantido o início do processo de cristalização. Entretanto, sabendo que o óxido de magnésio reage mais lento do que outros reagentes a base de magnésio, houve a necessidade dissolvê-lo em água morna antes do processo (CHIMENOS et al., 2003; CAPDEVIELLE et al., 2013). Vale ressaltar que o efeito do magnésio é fundamental para estabilizar as reações estequiométricas.

Após a adição do magnésio, as amostras (UM e UF) contendo 1 L de urina cada foram adicionadas em 2 jarros do equipamento *Jar-test* e permaneceram sob agitação por um período rápido de 1 minuto em rotação de 120 (rpm), seguido de uma velocidade mais lenta de 85 (rpm) por 4 minuto.

Passado o tempo de agitação, o *Jar-test* foi desligado, e as amostras já turvas, decantaram no fundo dos jarros, pequenos flocos de coloração esbranquiçada. Após 2 horas de decantação, amostras do sobrenadante de cada jarro foram

filtradas em uma peneira granulométrica de aço inox com tela de 63 μm de acordo com a ABNT e/ou 230 μm de acordo com a ASTM (Figura 16).

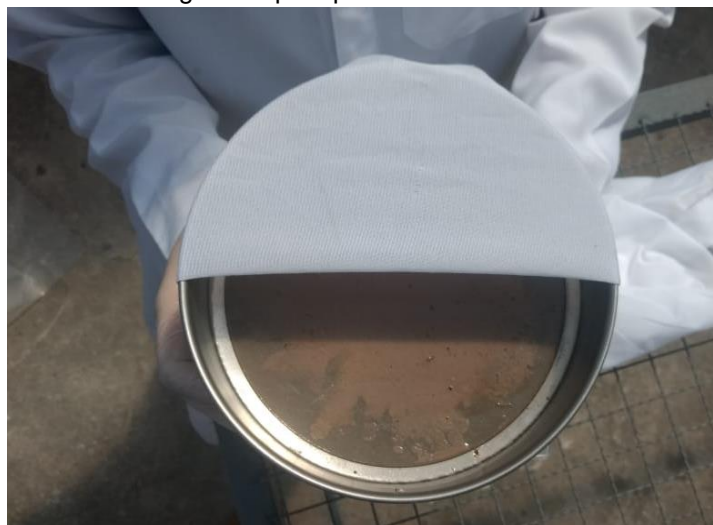
Figura 16 - Peneira granulométrica de aço inox - ASTM (230 μm)



Fonte: autoria própria (2018).

Em seguida todo o precipitado filtrado, foi conduzido ao processo de secagem que ocorreu em temperatura ambiente que variou de 26 a 35 $^{\circ}\text{C}$, o local era sombreado e não houve controle da umidade relativa do ar durante o tempo de secagem. Sob a amostra foi colocado um tecido fino e poroso, a fim de impedir o contato direto do precipitado com possíveis vetores (Figura 17). O tempo de secagem do precipitado foi em torno de 48 horas.

Figura 17 - Utilização de tecido poroso, sob a peneira, durante a secagem do precipitado



Fonte: autoria própria (2018).

4.1.4.4.2 *Precipitação da urina bovina em escala de bancada, filtração e secagem do precipitado*

Para o teste padrão de precipitação de estruvita utilizando a urina bovina, foi utilizada 1 L da amostra de urina bovina estocada por 30 dias. Contudo, como o pH da amostra se encontrava em valor de 8,22, foi necessário utilizar as sementes de melancia trituradas para ajustar o pH da mistura a 9, a amostra foi mantida sob um agitador magnético sem aquecimento. Em seguida, com a amostra já adicionada no jarro do equipamento *Jar-test*, a mesma foi dosada com 0,05 g de MgO P.A, pois a quantidade de nutrientes presentes na urina bovina é inferior ao da urina humana.

Após a adição do magnésio, a amostra permaneceu sob agitação por um período rápido de 1 minuto em rotação de 120 (rpm), seguido de uma velocidade mais lenta de 85 (rpm) por 4 minutos.

Após agitação, a mistura foi mantida por 2 horas em repouso, para o processo de cristalização e precipitação da estruvita. Posteriormente, os cristais decantados foram separados do sobrenadante. Tanto o processo de filtração quanto a secagem do precipitado obedeceram aos procedimentos utilizados nas amostras de urina humana.

4.1.4.5 *Caracterização química e microestrutural do precipitado*

Utilizou-se na caracterização microestrutural do material as técnicas Difração de raios X (DRX) e Microscopia eletrônica de varredura (MEV). Através do MEV foi possível analisar a morfologia e o formato da aglomeração dos cristais. A microscopia eletrônica de varredura é uma tecnologia importante no acompanhamento dos processos de precipitação de cristais de estruvita.

4.1.4.5.1 *Difração de raios X (DRX)*

A difração de raios X possibilita a quantificação da intensidade da radiação-X que foi submetida a uma interferência ao refletir na amostra cristalina, de acordo com a lei de Bragg. É possível quantificar as distâncias entre os núcleos dos elementos presentes na malha cristalina, obtendo ao fim dados favoráveis para a identificação e quantificação de todas as fases cristalinas presentes na amostra (CALLISTER; RETHWISCH, 2013).

Existem algumas vantagens da difração de raios X perante as análises químicas. O DRX propicia o conhecimento exato da estrutura dos cristais existentes, e não apenas sua composição química.

4.1.4.5.1.1 Preparo das amostras

Após a obtenção dos cristais de estruvita, houve a preparação do pó para o DRX. O pó foi macerado em um almofariz por 30 minutos. Isto ocorreu com o objetivo de sua homogeneização e obtenção de partículas com tamanhos reduzidos. A cada amostra foi necessário realizar a limpeza do almofariz e do macerador com acetona P.A, a fim de evitar a contaminação entre as estruvitas.

As medidas foram realizadas num difratômetro de raios-X modelo D2 PHASER da *Bruker* (Figura 19), que está disponível no Laboratório de caracterização de materiais, pertencente ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (Propemm), localizado no Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, *campus* Vitória-ES. A radiação utilizada foi de $\text{CuK}\alpha = 1,5418 \text{ \AA}$, ângulo inicial de 10° a 90° com o passo de 0,02, tamanho da fenda (slit) de 0,5 e lentes divergentes.

Figura 19 - Difratorômetro de Raios-X modelo D2 PHASER da Bruker



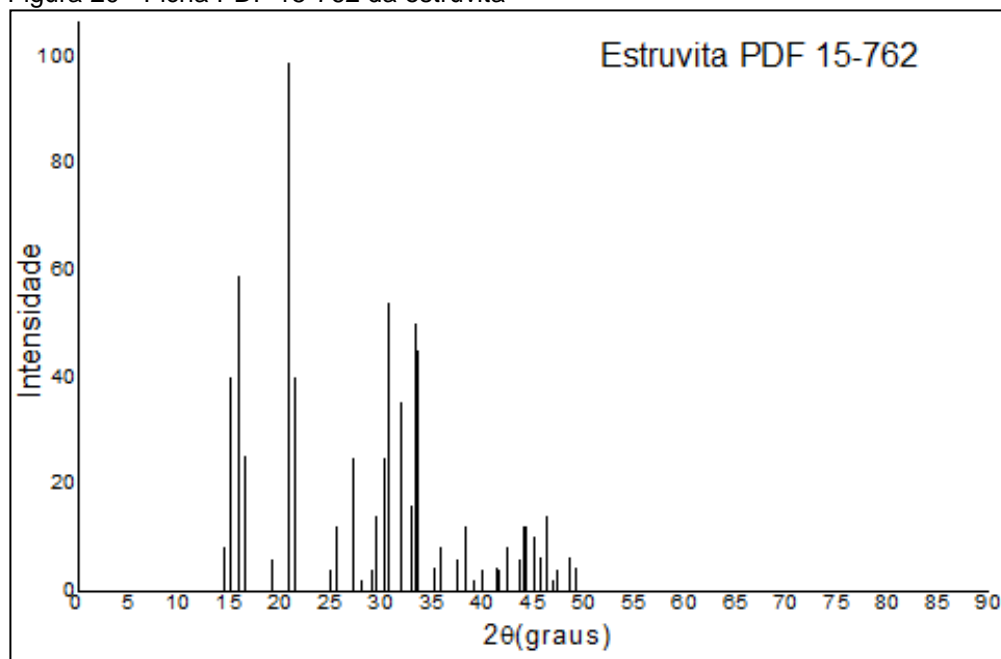
Fonte: autoria própria (2018).

4.1.4.5.1.2 Caracterização das amostras

Neste trabalho, foi utilizado o método de difração do pó de raios-X para a identificação e caracterização das amostras de estruvita ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Esse método foi utilizado com o objetivo de avaliar as fases presentes em cada amostra e comparar o difratograma de raios-X com a base de dados cristalográfica. Através do método de Passos (2001) foi possível fazer a contagem dos compostos (fases) presentes em cada difratograma.

Todas as amostras foram analisadas a partir dos parâmetros de referência da ficha PDF 15-762, conforme Figura 20.

Figura 20 - Ficha PDF 15-762 da estruvita



*Os dados cristalográficos da Ficha PDF 15-762 foram extraídos do banco de dados do software: *Crystallographica Search-Match*.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.1.4.5.2 Microscopia eletrônica de varredura

A Microscopia Eletrônica de Varredura cobre um intervalo de informações que se situa entre a microscopia de luz e a microscopia de transmissão. O instrumento (MEV) é geralmente operado na modalidade de alto vácuo, processando elétrons secundários de baixa energia, produzindo imagens tridimensionais com uma notável profundidade de foco (SOUZA, 2007b).

Um microscópio eletrônico de varredura é utilizado para analisar superfície de uma amostra sólida, sendo possível avaliar a microestrutura, propriedade e os defeitos dos materiais estudados. Esse aparelho é capaz de gerar imagens de alta resolução, tendo uma ampliação de até 300.000 vezes (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

Outra particularidade desse aparelho é a visualização da aparência tridimensional da imagem das amostras, que ocorre devido à grande profundidade de campo (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007).

No caso da microscopia eletrônica, a preparação das amostras é bem diferente. Na maioria dos casos, a amostra precisa estar completamente seca e ser condutora de eletricidade. O porta-amostra ou também denominado por *stub* deve ser metálico para a condução de corrente e seu formato deve ser compatível com o MEV (TELES; ANDREANI; VALADARES, 2017).

A preparação da amostra se iniciou com a fixação de cada estruivita sobre a superfície de seu respectivo *stub*, para tal foi utilizada fita de carbono, que também é condutora, pois no MEV as superfícies das amostras precisam conduzir eletricidade. É necessário garantir que a superfície de cada *stub* não fique com excesso de amostra.

Em seguida, as amostras isolantes foram recobertas com uma fina camada condutora através do procedimento denominado de metalização. Assim, as amostras foram submetidas ao metalizador de modelo o Desk V (Denton Vacuum®, Cherry Hill, NJ, Estados Unidos) para deposição de camadas extremamente finas (na ordem de nanômetros) de ouro (Figura 21).

Figura 21 - Metalizador modelo Desk V (Denton Vacuum®, Cherry Hill, NJ, Estados Unidos)



Fonte: autoria própria (2018).

Essa fina camada metálica de ouro permite a dissipação das cargas elétricas estáticas, oriundas do feixe (TELES; ANDREANI; VALADARES, 2017).

Após a metalização, as amostras foram encaminhadas para a observação e geração de imagens no Microscópio Eletrônico de Varredura (*Scanning Eletron Microscope*®, modelo JEM- 1400, JEOL), disponível no Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins (LUCCAR) na UFES (Figura 22).

Figura 22 - Microscópio eletrônico de varredura JEOL JEM-1400



Fonte: autoria própria (2018).

4.2 ETAPA 2

4.2.1 Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos

A etapa de identificação de potenciais perigos e eventos perigosos parte da metodologia de avaliação semi-quantitativa de risco (DEERE et al., 2001), e foi aplicada nessa pesquisa com a finalidade de identificar os perigos e eventos perigosos ao longo de todas as etapas de produção e uso de estruvita em pequena escala, a partir de urina.

Essa etapa é considerada como uma das mais críticas em todo o processo de análise de risco, pois um perigo não identificado é um perigo não avaliado e, conseqüentemente, não controlado (MENDONÇA, 2013).

O Manual de Plano de Água publicado pelos autores Davison e outros (2006) definiu as palavras “evento perigoso” como um evento que introduz riscos ou não os remove do processo analisado, e “potenciais perigos” como os agentes físicos, biológicos ou químicos que podem causar prejuízos à saúde pública. No entanto, para essa pesquisa foi incluído à definição de potencial perigo, os agentes acidental e ergonômico, pois também colocam em risco a saúde humana.

Para elaboração da análise, o método adaptado foi composto pelas seguintes etapas metodológicas:

- I. Definição da equipe responsável pela execução;
- II. Identificação dos sujeitos expostos;
- III. Identificação dos potenciais perigos e eventos perigosos no processo de produção e uso da estruvita.

4.1.1.1 Definição da equipe responsável pela execução

Para o desenvolvimento dessa etapa, a pesquisa contou com um coordenador⁴ ou responsável técnico, que procurou envolver representantes de todas as áreas (equipe multidisciplinar) no processo em estudo.

De acordo com Toledo e Amaral (2006), o ideal é que sejam formados grupos pequenos e multidisciplinares, com a presença de representantes que possuam conhecimento avançado sobre o assunto.

Para a equipe multidisciplinar foram selecionados 15 profissionais de diferentes áreas de atuação, sendo 11 delas pertencentes a ciências exatas (engenharia ambiental, engenharia química, engenharia mecânica, engenharia agrícola ambiental, engenharia agrária, engenharia de segurança do trabalho e química

⁴ O pesquisador responsável pela pesquisa.

analítica), 3 das ciências biológicas e da saúde (ciências biológicas e bioquímica) e 1 da ciência humana (geografia).

A escolha dos profissionais ocorreu por meio de critérios de julgamento e conveniência (VERGARA, 2011), uma vez que parte desses profissionais já se encontravam envolvidos em um processo de produção de estruvita dentro da Universidade Federal do Espírito Santo, e essa experiência vivenciada contribuiu na identificação dos potenciais perigos e eventos perigosos.

Ainda, a fim de certificar de que todos os membros da equipe multidisciplinar compreendam-no de forma satisfatória todas as etapas do processo em análise, foi elaborado um fluxograma detalhado do processo (Fluxograma 2).

Após a seleção da equipe multidisciplinar, foi promovida uma reunião no dia 19 de dezembro de 2018 com todos os envolvidos a fim de apresentar os aspectos relevantes à investigação, os objetivos e o processo em estudo. Em seguida, foram conduzidas as atividades para a identificação dos potenciais perigos e eventos perigosos relacionados a esse processo.

4.1.1.2 Identificação dos sujeitos expostos

Consistiu na definição dos sujeitos expostos aos potenciais perigos e eventos perigosos, desencadeados pelo processo de produção da estruvita e/ou uso agrícola da urina e da estruvita. Diante da proposta em estudo, definiram-se os sujeitos expostos como: Usuários⁵.

⁵ Aqueles que utilizam o sistema de produção da estruvita, podendo ser esses os usuários dos banheiros, os operadores do sistema, os produtores rurais e os consumidores.

Fluxograma 2 - Processo de produção da estruvita em pequena escala



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

4.1.1.3 Identificação dos potenciais perigos e eventos perigosos no processo de produção e uso da estruvita

Incidu na verificação, junto à equipe multidisciplinar, de quais perigos estão presentes ao longo das etapas de produção e uso de estruvita em pequena escala, a partir de urina e que podem causar problemas a saúde dos sujeitos expostos.

Nessa etapa, se fez necessário obter o maior número de informações possível, abrangendo todo o processo analisado. Após as informações bem definidas, foi necessário correlacionar cada evento perigoso com os seus respectivos potenciais perigos e em seguida o preenchimento do formulário (Apêndice A).

4.3 ETAPA 3

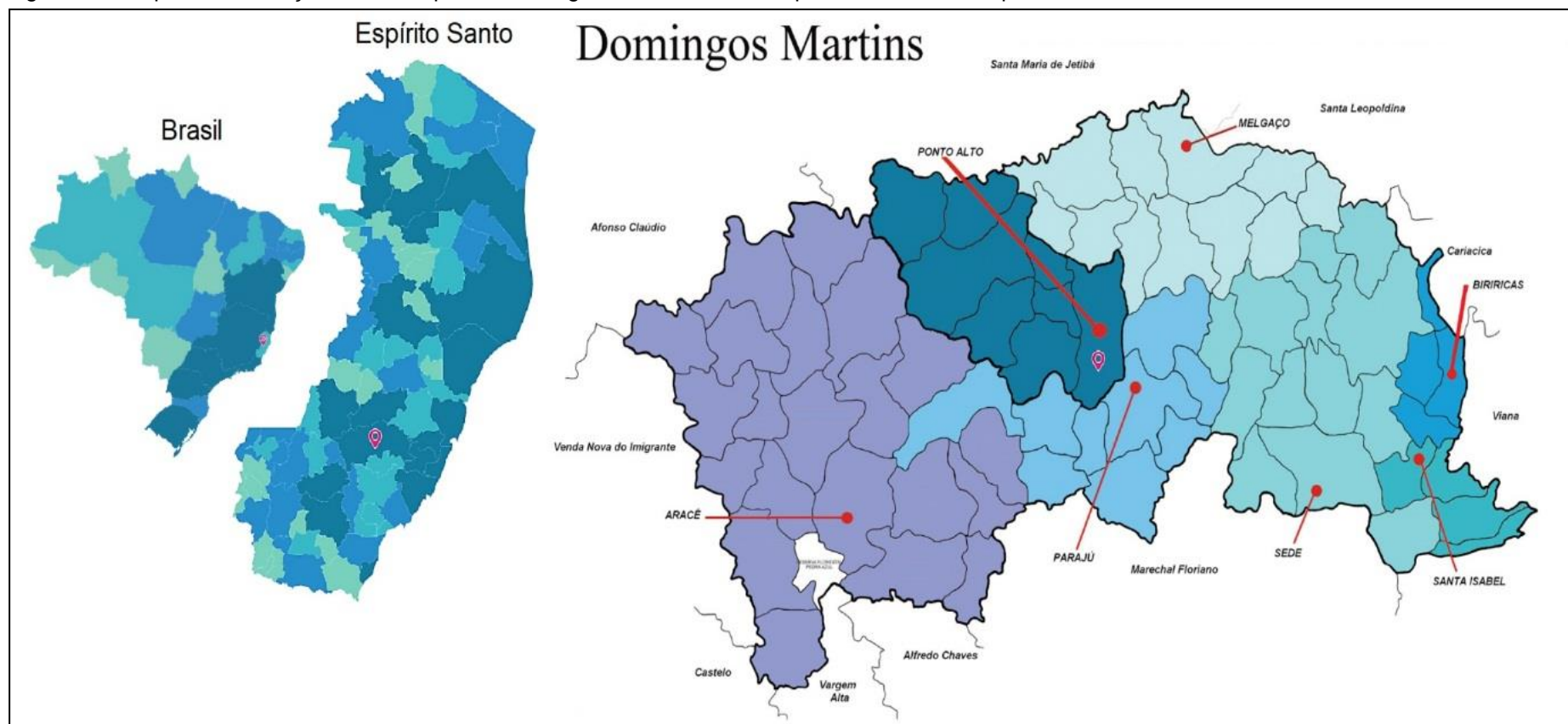
4.3.1 Delimitação da área de estudo

O trabalho foi realizado no Município de Domingos Martins que ocupa uma faixa de 80 km de extensão por 20 km de largura, no sentido geral leste/oeste. O município está localizado na microrregião Centro Serrana do Espírito Santo, estando distante 49 km da capital Vitória, na latitude Sul de 20° 21' 44" e longitude Oeste de Greenwich, de 40° 39' 36". A região é banhada pelo rio Jucu, especificamente nas áreas drenadas por seus afluentes: rio Jucu Braço Norte e Sul (INCAPER, 2010, apud PROATER, 2011).

Domingos Martins possui uma população estimada em 33.711 habitantes é uma área territorial de 1.229, 212 km², com densidade demográfica de 25,93 hab/km² (IBGE, 2018). Ainda, o município é composto por várias comunidades que se inserem em seus respectivos sete distritos: Aracê, Biriricas, Paraju, Ponto Alto, Melgaço, Sede e Santa Isabel.

A execução da pesquisa (reuniões e entrevistas) delimita-se apenas ao distrito de Ponto Alto (Figura 23), local este escolhido para se promover a mobilização social e as entrevistas.

Figura 23 - Mapa de localização do Município de Domingos Martins e seus respectivos distritos, Espírito Santo, Brasil



Fonte: Adaptado do IBGE (2017) e COMTUR-DM (2018).

O distrito de Paraju possuía o maior número de habitantes de Domingos Martins, sendo estimado em pouco mais de 9.600 moradores. Situado no centro do Município, o mesmo era composto pelas comunidades de Alto Tijuco Preto, Bringer, Tijuco Preto, Alto Areinha, Barra do Tijuco Preto, Areinha, Goiabeiras, Ribeirão Capixaba, Alto Paraju, Fazenda do Café, Schoroeder, Pérobas, Granja Walkiria, Paraju, Rapadura, Nova Almeida e Ponto Alto (INCAPER, 2010, apud PROATER, 2011).

No entanto, o distrito de Ponto Alto foi emancipado recentemente, desmembrando-se do distrito de Paraju, através da Lei Municipal nº 2.524/2013, de autoria do poder legislativo municipal, que dispôs sobre a criação do Distrito de Ponto Alto, em atenção ao anseio dos moradores da região. Tal fato foi iniciado por meio do Projeto de Lei nº49/2013, sendo aprovado por unanimidade no plenário da Câmara Municipal em junho de 2013 (CMDM-ES, 2018).

Com a nova lei, o distrito de Ponto Alto tem sua sede localizada na Vila de Ponto Alto, sendo formado pelas comunidades também desmembradas do distrito de Paraju, sendo essas: Ponto Alto, Areinha, Alto Areinha, Tijuco Preto, Alto Tijuco Preto, Barra do Tijuco Preto, Bringer e Goiabeiras (CMDM-ES, 2018).

Os critérios utilizados na escolha da área de estudo são apontados por Vergara (2011), sendo esses determinados mediante julgamento, conveniência, tipicidade e devido a fácil acessibilidade aos elementos da pesquisa.

O diagnóstico inicial da situação local foi realizado através de uma pesquisa de campo (fase exploratória). Esse método apontado por Peres, Rozemberg e Lucca (2005), permite o pesquisador realizar o levantamento de dados, baseando-se nas características do ambiente, da diversidade populacional local, das relações sociais e seus processos de trabalho, entre outros aspectos.

A pesquisa contou durante a fase exploratória com a presença de informantes-chave, que foram selecionados e identificados dentre os sujeitos elegíveis. O objetivo dessa seleção é facilitar o levantamento de dados que permitirão o pesquisador realizarem a descrição situacional sociocultural e ambiental (população e local).

Como suporte ao estudo da população, foram procuradas junto às instituições e especialistas/técnicos extensionistas, informações que resgatem aspectos históricos, sociais, culturais, econômicos e ambientais.

No distrito de Ponto Alto, grande partes das comunidades são compostas por Pomeranos que seguem, em sua maioria, a doutrina Luterana.

Entre as atividades econômicas mais comuns nessa região estão centradas o turismo rural, ecoturismo e as atividades agropecuárias, distribuídas em pequenas propriedades familiares onde, além da criação de bovinos, aves e suínos, também ocorre a produção de: horticultura e a fruticultura, com destaque para as plantações de café conilon, tomate, morango, banana, laranja, goiaba, abacate e gengibre. Os aspectos tradicionais da colonização alemã e da italiana e os atrativos naturais contribuem para que o município, de forma abrangente, tenha a maior atratividade turística da região (IPES, 2004).

A organização social dos agricultores de Domingos Martins ocorre por meio de 30 entidades associativas, e entre elas destacam-se o Sindicato Rural de Domingos Martins e o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Domingos Martins e Marechal Floriano (INCAPER, 2010, apud PROATER, 2011). Essa organização vislumbra uma adesão participativa à pesquisa.

Ainda, quanto à estrutura fundiária do Município ocorre o predomínio das pequenas propriedades rurais que totalizam cerca de 68% da população (IBGE, 2017). Em números, estima-se 5.223 propriedades rurais, sendo representada por 95% de minifúndios e pequenas propriedades (INCRA, 2011 apud PROATER, 2011). Diminuir a distância entre a academia e o produtor rural acaba por ser um relevante aspecto social dessa pesquisa.

Somado a esta investigação, foram realizadas por meio de visitas técnicas e contato telefônico, uma busca por dados secundários referentes ao número de habitantes do distrito de Ponto Alto após a emancipação e outras informações a respeito das comunidades e assentamentos rurais do município, através de fontes conhecidas: Prefeitura Municipal de Domingos Martins, IBGE, IJSN, INCRA, INCAPER e IDAF. Entretanto, a falta de informação e a inexistência de documentos referentes às comunidades do distrito de Ponto Alto impossibilitou o levantamento de dados secundários à pesquisa.

4.3.2 Sujeitos da pesquisa

Os sujeitos elegíveis desta pesquisa fazem parte da população de pequenos agricultores⁶ do município de Domingos Martins. A escolha deu-se por conta da representatividade destes sujeitos na região do estudo.

4.3.2.1 Seleção dos sujeitos da pesquisa

Para determinação da população a ser estudada, foi realizada consulta prévia junto a APARES - Associação dos Pequenos Agricultores da Região Serrana do Estado do Espírito Santo (Figura 24). Como resultado do contato, foi sugerida por um técnico extensionista (mediador), da Associação supracitada, uma população que atendia prontamente às características desejadas ao objeto de estudo. Ao se estabelecer as amostras não probabilísticas (intencionais), a figura do mediador foi fundamental; está tal necessidade pode ser vista no texto abaixo:

“Fechar a amostra” significa definir o conjunto que subsidiará a análise e interpretação dos dados. Nas amostras não-probabilísticas (intencionais), tal definição é feita a partir da experiência do pesquisador no campo de pesquisa, numa empiria pautada em raciocínios instruídos por conhecimentos teóricos da relação entre o objeto de estudo e o *corpus* a ser estudado (PIRES, 2008 apud FONTANELLA et al., 2011, p.389).

⁶ Aquele que, residindo na zona rural, detenha a posse de gleba rural não superior a 50 hectares, explorando-a mediante o trabalho pessoal e de sua família, admitida a ajuda eventual de terceiros, bem como as posses coletivas de terra considerando-se a fração individual não superior a 50 hectares, cuja renda bruta seja proveniente de atividades ou usos agrícolas, pecuários ou silviculturais ou do extrativismo rural em 80% no mínimo (BRASIL, 2006).

Figura 24 - Sede da APARES – Associação dos Pequenos Agricultores da Região Serrana do Estado do Espírito Santo, localizada na comunidade de Ponto Alto



Fonte: autoria própria (2018).

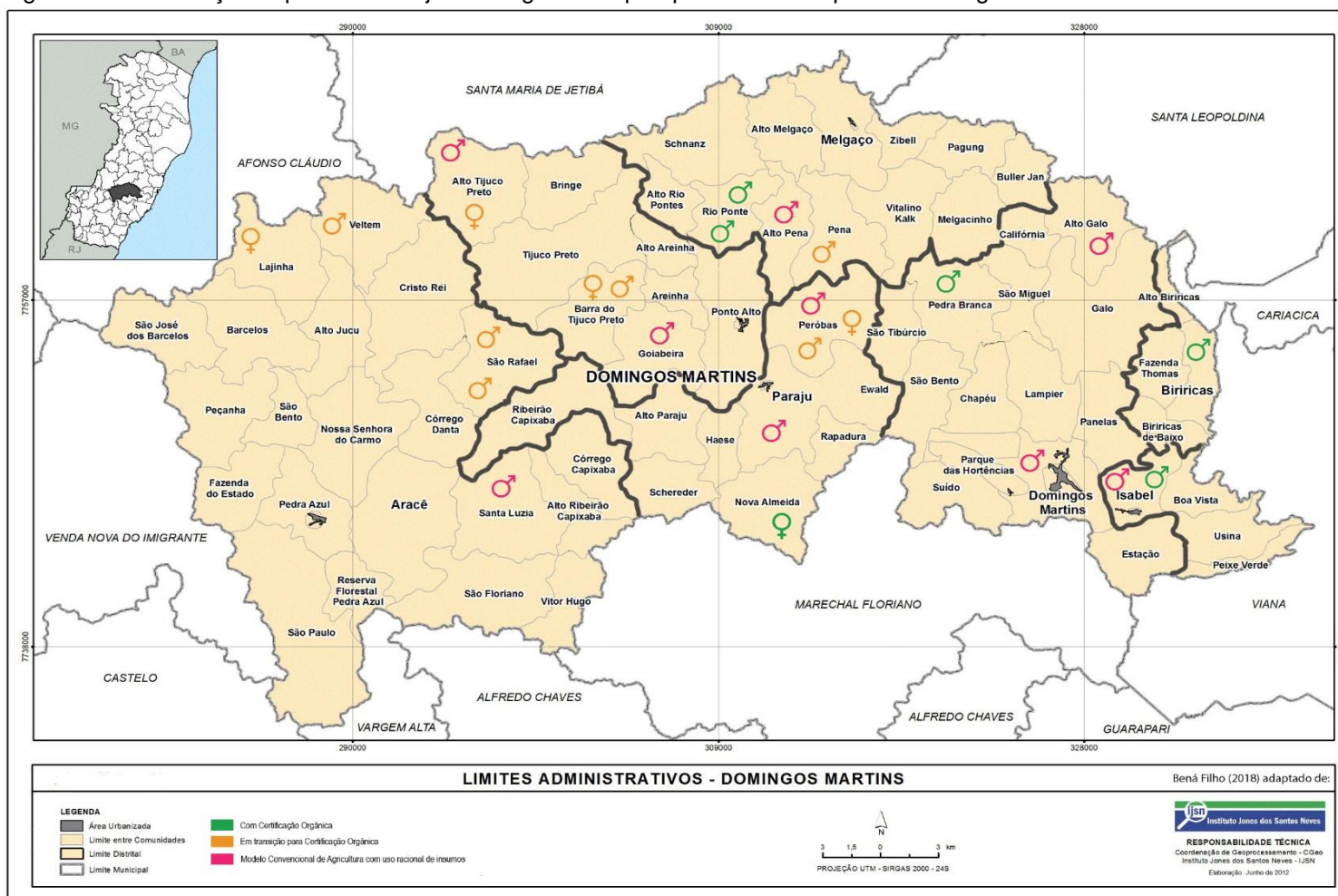
Desta forma, a população alvo é composta por 25 sujeitos elegíveis. A se conhecer: 6 pertencentes ao modelo de agricultura familiar com certificação orgânica; 9 agricultores que ainda produzem alimentos no modelo de sistema convencional de agricultura, mas com uso racional de insumos sintéticos; e 10 agricultores em processo de transição do modelo de agricultura convencional para o modelo com certificação orgânica, os mesmos se encontram aguardando a certificação.

Os sujeitos elegíveis escolhidos estão distribuídos em todos os respectivos distritos de Domingos Martins, o que torna a pesquisa abrangente (Figura 25).

4.3.2.2 Critérios de inclusão e exclusão

Para a presente investigação foram utilizados de critérios de inclusão e exclusão. Entendem-se como critérios de inclusão os fatores predominantes ao objeto da pesquisa que se delimita nas propriedades rurais com atividade agrícola, pertencentes à região delimitada.

Figura 25 - Distribuição espacial dos sujeitos elegíveis da pesquisa no Município de Domingos Martins



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Entendem-se como critérios de exclusão a delimitação do número de propriedades e habitantes a serem investigados. O estudo não apresentaria celeridade e tempo hábil caso atendesse a todas as propriedades e habitantes rurais do Estado. Outro critério previsto neste estudo foi a não realização das entrevistas em menores de 18 anos, que se justifica pelo fato da necessidade de autorização do responsável legal em suas entrevistas, conforme determinam as normas a serem atendidas pelo Comitê de Ética.

4.3.3 Mobilização social

A mobilização social se configura como um primeiro contato entre pesquisador e os pesquisados, a fim de garantir que os mesmos conheçam o estudo. A partir desse contato, espera-se uma participação consensual dos agricultores.

Para efetiva condução do processo de mobilização social, muitas são as metodologias disponíveis na literatura. Assim, buscou-se uma metodologia que mais se aplicava a realidade do pesquisador e da população a ser estudada. Dessa forma, trata-se aqui, da Metodologia Participativa de Extensão Rural para o Desenvolvimento Sustentável - MEXPAR (RUAS et al., 2006) adaptada, como modelo de análise (Quadro 6).

A ação de aproximação e sensibilização dos agricultores ocorreu no dia 23 de novembro de 2018, na comunidade rural de Ponto Alto, localizada no distrito de Ponto Alto, local esse onde os sujeitos elegíveis da pesquisa foram acionados a se mobilizar através do mediador.

A realização da reunião permitiu que o pesquisador promovesse uma apresentação pessoal e da pesquisa. Entre os tópicos apresentados nessa reunião geral, destacaram-se:

- I. A importância e a responsabilidade da pesquisa científica;
- II. Reflexão das necessidades e anseios da população;
- III. A garantia de não promover mudanças na rotina do agricultor;
- IV. O livre arbítrio de participar da pesquisa.

Quadro 6 - Metodologia Participativa de Extensão Rural para o Desenvolvimento Sustentável - MEXPAR

Mobilização Social: Conhecimento da realidade		
Passos	Procedimentos	Técnica Sugerida
<p>Aproximação e sensibilização:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estabelecer um processo recíproco de interação e conhecimento entre o pesquisador e as comunidades rurais em estudo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estabelecer aproximação com os agricultores familiares e outros atores sociais, com o objetivo de apresentar e discutir a proposta de trabalho na perspectiva da construção coletiva do processo de desenvolvimento rural sustentável. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reunião geral.

Fonte: Adaptado de Ruas e outros (2006).

Ao final da reunião, notou-se que esse primeiro contato entre o pesquisador e os sujeitos elegíveis contribuiu para a diminuição da insegurança em relação ao seu anonimato e a negação de participação das entrevistas devido ao interesse eminente demonstrado durante a reunião. A presença do mediador e dos informantes-chave contribui não só na inserção do pesquisador na comunidade, mas também na aceitação e confiabilidade dos entrevistados em participação à pesquisa.

4.3.4 Coleta de dados

O instrumento utilizado para coleta de dados foi um questionário misto semi-estruturado que busca conceitos populares da região estudada, através das respostas dos agricultores da determinada amostra populacional. É importante que o entrevistador não influencie nas respostas, para que não ocorra interferência da percepção do entrevistado diante do objeto da pesquisa.

Quando um entrevistador almeja obter um maior número de informações sobre um determinado tema, de acordo com a visão do entrevistado, opta-se por entrevistas abertas, pois elas utilizam da descrição de casos individuais, de compreensões de especificidades culturais para determinados grupos e para comparabilidade de diversos casos (MINAYO, 1993).

Nesta, o pesquisador foi interessado na opinião (ação, intenção, etc.) de determinados elementos da população, mas não representativos dela. [...] O pesquisador não se dirige, portanto, a "massa", isto é, elementos representativos da população em geral, mas àqueles que, segundo o seu entender, pela função desempenhada, cargo ocupado, prestígio social, exerce as funções de líderes de opinião na comunidade (MARKONI; LAKATOS, 2010).

Previamente foi realizado um estudo piloto que consistiu na verificação e ajuste do instrumento de coleta. Ainda, a fim de garantir a confiabilidade do questionário de entrevista, o mesmo foi ajustado mediante um processo que se divide em três etapas (ANDRADE; MICCOLIS, 2012).

- I. Verificação das perguntas individuais;
- II. Aplicação do questionário a um grupo de pessoas com características semelhantes à estudada;
- III. Análise dos resultados e validação do instrumento.

O estudo piloto trata-se de um instrumento capaz de reproduzir eficazmente e em escala reduzida parte significativa dos dados que serão encontrados pelo pesquisador no momento definitivo de coleta. A utilização do estudo piloto é de fundamental importância e garante a ampliação da qualidade das fontes construídas para o conhecimento científico (SILVA; OLIVEIRA, 2015).

De acordo com Pallas e Villa (1995) e Richardson (1999), antes de iniciar o estudo se faz necessário verificar o instrumento de coleta de dados. A verificação do piloto permite ao pesquisador identificar erros cometidos no questionário, como questões mal formuladas, ordenação incorreta ou erro ortográfico proporcionando a oportunidade de realizar mudanças oportunas. Após o estudo piloto e identificadas as imperfeições, se obtém a versão definitiva do questionário (AZEREDO et al., 2007).

O estudo piloto foi realizado no dia 17 de dezembro de 2018 com os agricultores de referência e integrantes do Movimento dos Pequenos Agricultores (MPA), da Associação dos Pequenos Agricultores do Estado do Espírito Santo (APAGEES) e da Cooperativa Mista de Produção e Comercialização Camponesa do Estado do Espírito Santo (CPC) pertencentes aos municípios situados na região noroeste do

Espírito Santo: São Gabriel da Palha, Vila Valério, Pancas e Águia Branca. Ressalto que as entrevistas ocorreram na sede da CPC, localizada no município de São Gabriel da Palha, onde os agricultores já se encontravam reunidos.

Durante o estudo piloto foi notado que no decorrer das entrevistas houve, em alguns casos, a ausência de respostas de suma importância, além da insegurança em relação à assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) por alguns entrevistados. Contudo, tal fato não permitiu a negação de participação à pesquisa.

No término do estudo piloto, foi necessário promover correções com acréscimo de informação em algumas questões e o reordenamento de perguntas que estavam fora de uma sequência lógica, a fim de facilitar ainda mais a compreensão dos entrevistados durante as futuras entrevistas. Assim, após a identificação desses erros, o questionário misto semi-estruturado foi ajustado (Apêndice B).

Com o instrumento de coleta ajustado, os sujeitos elegíveis foram acionados novamente pelo mediador a se mobilizar para a comunidade rural de Ponto Alto, especificamente no Centro de Referência de Assistência Social (CRAS), localizado no centro de Ponto Alto. O motivo da escolha desse local para a realização das entrevistas individuais ocorreu mediante ser um espaço público voltado para o planejamento, implementação e execução de serviços de assistência social, além da facilidade de acesso e a infraestrutura que o local dispõe.

Para a realização da coleta de dados contou-se com a ajuda de um sociólogo voluntário, que se encontrava bem instruído sobre as questões éticas e de como utilizar o instrumento de pesquisa para realização do trabalho.

Em relação ao total de entrevistados, a pesquisa não contou com a participação consensual de todos os sujeitos elegíveis, visto que, dois agricultores faltaram as entrevistas devido a motivos pessoais. Contudo, a não participação de voluntários durante a pesquisa é algo já previsto em qualquer pesquisa.

Durante as entrevistas, não se fez necessário identificar elementos novos para subsidiar a teorização almejada, pois não foram identificadas percepções idênticas que levassem há uma situação de saturação teórica. Desta forma, o encerramento

da pesquisa utilizando o emprego do método de fechamento por exaustão não se fez necessário, assim como, a seleção de novos voluntários.

A coleta de dados foi executada com êxito. Porém, durante as entrevistas, algumas respostas foram diretas e sem muito detalhamento, o que não permitiu um aprofundamento da análise em determinadas situações.

4.3.5 Análise dos dados

Para a determinação dos dados, foi utilizada a técnica de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), Tobar e Yalour (2004), que permite a criação de categorias analíticas para o estudo das falas registradas através de gravadores e de anotações feitas pelo relator no momento do encontro que, por sua vez, foram unificadas, revisadas e distribuídas em categorias e subcategorias (Quadro 7).

Quadro 7 - Categoria e subcategorias para análise dos resultados

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Conhecendo a percepção de risco de agricultores	<ul style="list-style-type: none"> • Relação agricultor/meio ambiente; • Riscos ao uso da urina como insumo para produção de fertilizante.
Avaliando a aceitabilidade de agricultores	<ul style="list-style-type: none"> • Aceitabilidade de uso da estruvita derivada de urina humana e bovina; • Adesão as novas tecnologias.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Para anotação das falas foi utilizada a técnica denominada *ipsis litteris*, que consiste em transcrever os relatos de tal forma como preconiza a tradição das pesquisas etnográficas. Caso seja necessário, porém, pode haver uma adequação do discurso oral à linguagem garantida a inteligibilidade do depoimento (PHILIPPI JÚNIOR; MALHEIROS, 2005).

A importância dessa análise está no fato de que seus resultados devem refletir os objetivos da pesquisa, assim como, permitir inferências sobre o texto, conferindo

ao método relevância teórica, para comparação com outros dados (CAMPOS, 2004).

Ainda, durante a análise das entrevistas realizadas, foi necessário conhecer a relação meio ambiente e saúde na visão da comunidade estudada. Desta forma, foi possível apontar as percepções de risco dos entrevistados, no que tange ao uso da estruvita como fertilizante agrícola.

4.4 QUESTÕES ÉTICAS

Para o desenvolvimento do trabalho se faz necessária à avaliação do Comitê de Ética para fins de pesquisa, e só após aprovação que ocorreu no dia 09 de novembro de 2018 foram iniciadas as atividades aqui descritas (Anexo A). O número do parecer consubstanciado de aprovação da pesquisa é 3.012.916.

A fim de preservar a identidade dos agricultores entrevistados, no ato da publicação os mesmos foram identificados por A1 na sequência até A23. Essas ações foram garantidas e expostas aos participantes da pesquisa mediante a assinatura do TCLE antes da aplicação da pesquisa.

O TCLE contém os objetivos da pesquisa, a garantia do anonimato e o contato dos pesquisadores em conformidade com a Resolução nº 466/2012 (Apêndice C). Durante as entrevistas, com autorização dos participantes, foi ainda realizado o registro por meio de gravações em áudio das falas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DA URINA HUMANA (UH)

Neste item discute-se a caracterização quantitativa e qualitativa da urina humana, de acordo com o sexo e com as características fisiológicas.

5.1.1 Aspectos quantitativos

No aspecto quantitativo os resultados estão especificados na Tabela 18, onde se observa a variação no volume de urina excretado, que varia de pessoa para pessoa, e que pode ser explicado devido à diferença nas características fisiológicas de cada indivíduo entre outras variáveis já apresentadas. O volume médio *per capita* encontrado de urina entre homens e mulheres foi de aproximadamente 1,47 L/dia, valor bem próximo do encontrado pelos autores Wolgast (1993), Almeida, Butler e Friedler (1999) e Rauch e outros (2003), que diz que o volume médio *per capita* excretado diariamente por uma pessoa adulta é de aproximadamente 1,50 L, conforme já apresentado anteriormente na Tabela 5.

Constatou-se que a frequência urinária entre homens e mulheres variou de 5 a 6 vezes por dia, com uma média de 293,97 mL de urina por uso, valor próximo do encontrado por Zancheta (2007) 288,1 mL.

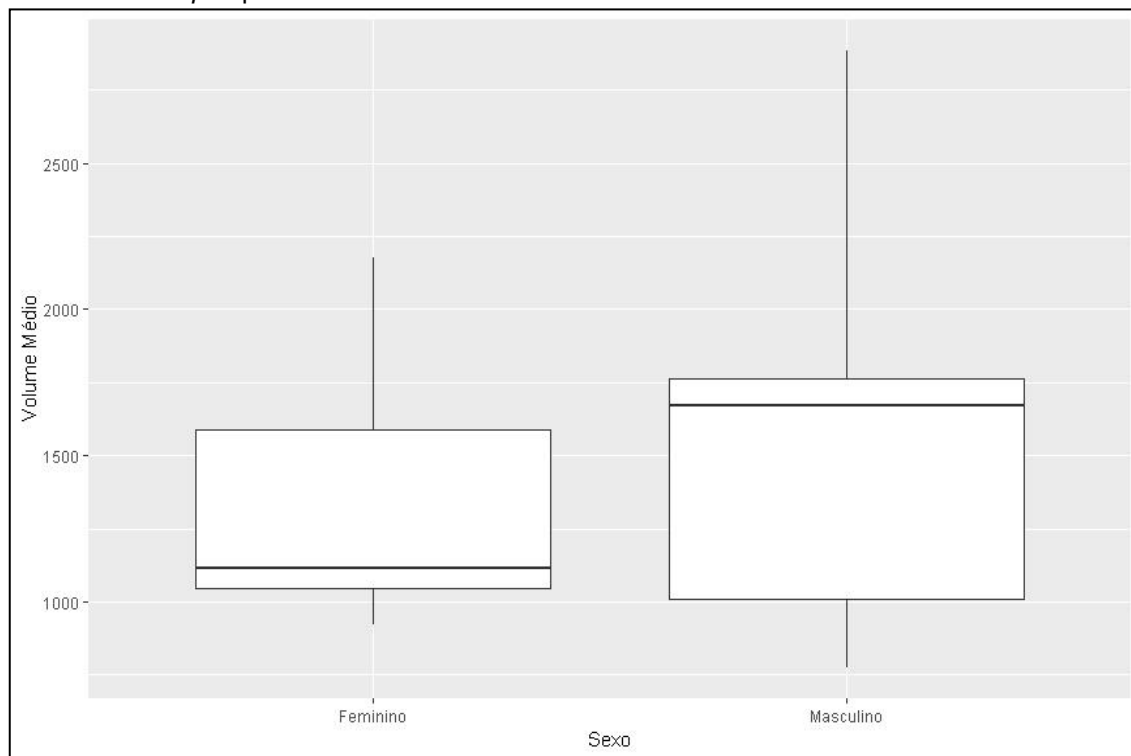
Tabela 18 - Resultados quantitativos

Amostra	Total	Volume (mL)					Vol/ massa corporal	Freq. urinária /dia	
		Média/ Pessoa	Média/ Dia	Desvio padrão	Máx.	Mín.			Variância
Feminino (n=9)	82714	270,31	1312,92	24,74	650	50	612,23	150,12	5 a 6 vezes
Masculino (n=9)	102915	317,64	1633,57	45,52	830	30	2071,63	147,02	5 a 6 vezes
Média	92814,5	293,97	1473,25	35,13	740	40	1341,93	148,57	-

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Ainda, com o intuito de analisar a diferença do volume médio diário de urina excretado entre homens e mulheres, foi criado um diagrama de caixas (*boxplot*), conforme Gráfico 1.

Gráfico 1 - *Boxplot* para volume médio diário de urina excretado entre homens e mulheres



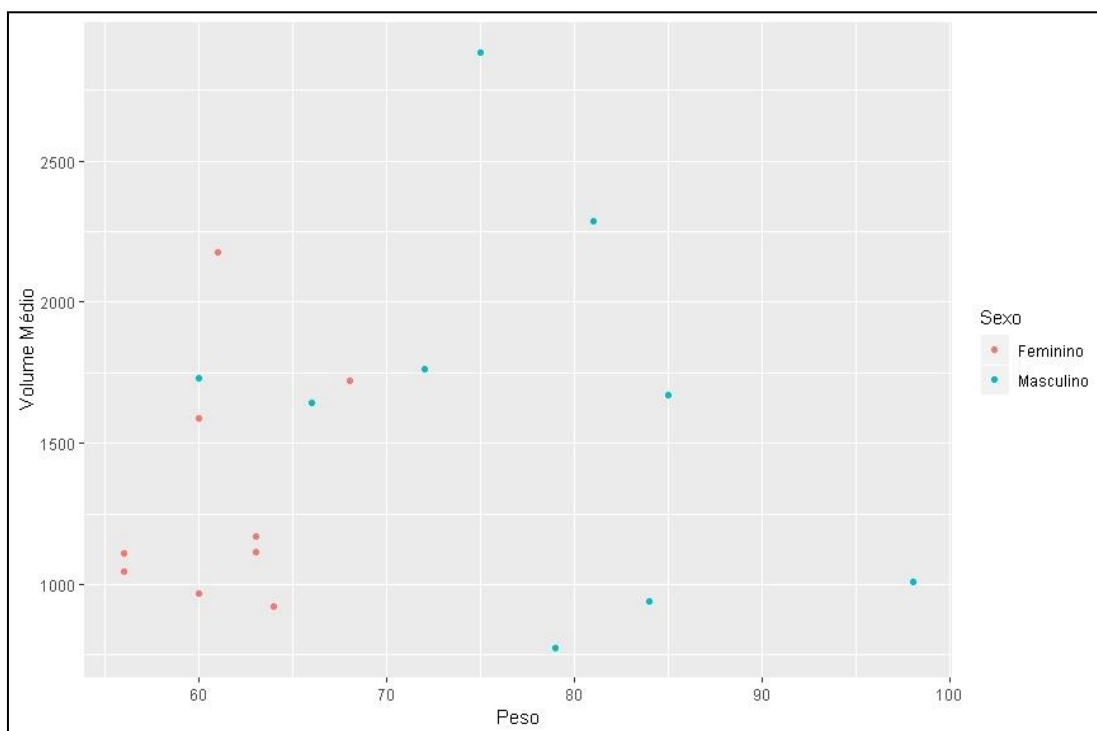
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Observa-se no diagrama de caixas (*boxplot*) que o volume médio das mulheres é inferior ao dos homens e a variabilidade dos homens é superior. Essa alta variabilidade indica que as aparentes diferenças entre os volumes médios não devem ser estatisticamente significantes. Observe-se que a totalidade dos valores para o grupo das mulheres encontra-se dentro do intervalo dos valores obtidos para os homens. A linha horizontal dentro das caixas representa a mediana dos valores, claramente houve um valor consideravelmente alto para os homens e conseqüentemente o valor da mediana aumentou, o que indica que este valor não necessariamente representa adequadamente o conjunto de valores como um todo. Devido a essa característica particular e ao tamanho de amostra reduzido, optou-se por realizar o teste de *Kruskal-Wallis*, que é um teste não paramétrico indicado

para comparar os valores medianos dos dois grupos independentes. Os resultados obtidos apontam que, com 95% de confiança, os valores medianos são estatisticamente iguais ($KW=0,8597$, $\text{valor-p} = 0,3538$).

Um gráfico de dispersão do volume médio como função do peso foi realizado com o objetivo de verificar se as diferenças entre os volumes médios produzidos por homens e mulheres são influenciadas pelo peso dos participantes (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Gráfico de dispersão do volume médio em função do peso



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Observa-se que os pesos das mulheres se encontram menos dispersos quando comparados com os pesos dos homens. Claramente, não há uma relação direta entre o peso e o volume médio, não se pode afirmar que pesos menores estejam associados a volumes inferiores. Destacam-se dois casos no grupo dos homens, onde um indivíduo com peso médio (aproximadamente 75 kg) produziu um alto volume médio e outro onde o homem com peso maior (aproximadamente 98 Kg) produziu um dos menores volumes médios.

Destaca-se que o primeiro caso foi considerado o extremo que conduziu ao aumento da média do grupo dos homens, dando a falsa impressão de que os volumes para os dois grupos são diferentes. Observe-se que esse indivíduo fosse retirado, os volumes médios para os dois grupos variariam no mesmo intervalo e, conseqüentemente, teriam valores médios muito próximos.

5.1.2 Avaliação da aceitabilidade dos mictórios secos instalados

A aceitação de uma nova técnica não é isenta de problemas em edifícios públicos, onde a sensibilização e a motivação não são altas, e os usuários de banheiros ou a responsabilidade dos proprietários não são claras. Novos padrões de comportamento são cruciais para que esses sistemas funcionem (WALLIN, 2002; ADAMSSON; BAN, DAVE, 2003).

Durante a análise de aceitabilidade dos mictórios secos se fizeram presentes alguns interferentes que de uma forma ou de outra podem ter influenciado nos resultados.

Um dos principais interferentes identificados durante a coleta de dados foi à restrição de acesso de um determinado banheiro aos estudantes, passando a ser exclusivo de funcionários da Universidade após a instalação do mictório seco. Essa medida acabou limitando e reduzindo o número de acesso de um sanitário e a baixa frequência de uso desse outro sanitário em outro prédio, necessitando da realocação com a devida autorização em novos locais.

Durante esse período de realocação dos mictórios, as coletas de urina continuaram normalmente, porém a avaliação da aceitabilidade usando a raspadinha do xixi foi interrompida e apenas se restabeleceu no dia 16 de maio de 2018. Todos os períodos, número de campanhas realizadas e o volume coletado podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19 - Períodos de campanhas de coleta de urina

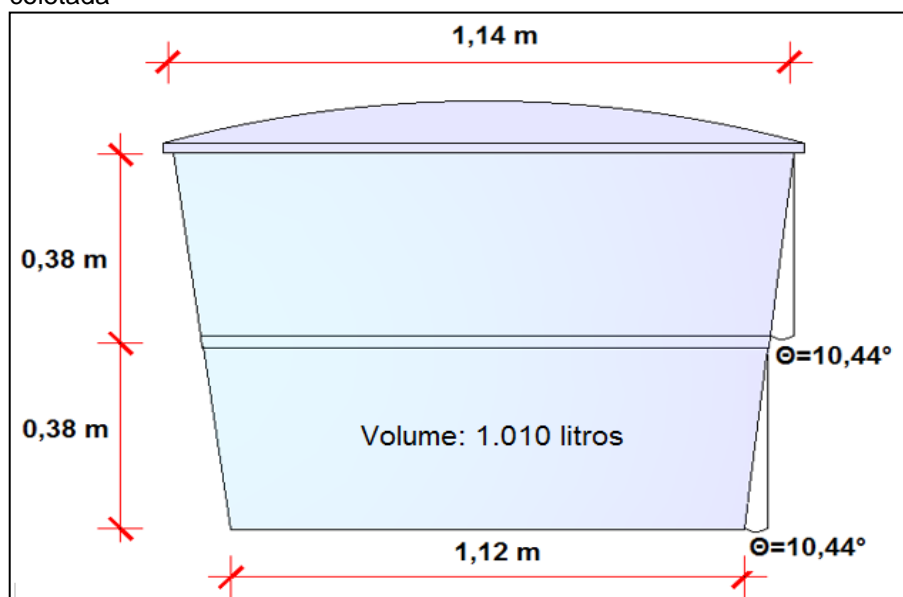
Período	Nº de Campanhas	Volume coletado (L)
03/04 a 13/04/2018	1º campanha (Com planilha de frequência)	170
14/04 a 15/05/2018	2º campanha (Sem planilha de frequência)	385
16/05 a 15/06/2018	3º campanha (Com planilha de frequência)	471
Volume total do reservatório		1026

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

É importante ressaltar que o volume de urina considerado na análise de aceitabilidade são os correspondentes a primeira e terceira campanha, períodos que continham as planilhas de frequência fixadas ao lado dos mictórios secos.

Ainda, com o intuito de comprovar o volume coletado e medido durante as campanhas, foi realizada a medição do reservatório cilíndrico utilizado no armazenamento de toda a urina coletada (Figura 26). Apesar do volume total de coleta ser superior ao volume do reservatório, os valores são próximos.

Figura 26 - Reservatório cilíndrico utilizado no armazenamento da urina coletada



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Ao longo dos 28 dias de análise foram contabilizadas 1856 *smiles* raspados nas planilhas de frequência fixadas nos banheiros e um volume total de 641 L de urina coletada. Considerando o quantitativo de raspagem e que uma pessoa excreta 293,97 mL de urina a cada micção, quando multiplicado esses valores, o volume esperado de urina seria próximo de 545,61 L. A coleta superou a estimativa em 95,39 L.

Entretanto, durante a realização de algumas coletas foi verificado que a quantidade de *smiles* raspados na planilha de frequência não condizia com o volume de urina presente dentro dos reservatórios, o que leva a considerar que alguns usuários diante da pressa e/ou falta de hábito, acabavam urinando e esquecendo de raspar os *smiles* da planilha, o que contribuiu na diferença entre os valores estimados e efetivamente coletados.

Outro possível motivo baseia-se nos estudos da literatura que apontam a variação de urina dos indivíduos diante dos hábitos de vida, metabolismo, consumo de água, etc.

Problemas de limpeza dos banheiros, a não apreciação, odores e bloqueios, podem contribuir para a não aceitação dos mictórios, desta forma os mesmos requerem, em geral, mais manutenção e cuidados (ADAMSSON; BAN; DAVE, 2003). Em alguns casos, algumas pessoas que se recusaram a utilizar os mictórios devido ao nojo e a ausência da descarga hídrica, além da presença constante de formigas em alguns mictórios. Todos esses fatores de uma forma ou de outra contribuíram para que algumas pessoas não utilizassem os dispositivos de coleta.

Durante o período de análise houve algumas reclamações quanto à altura do mictório feminino, sendo considerável desconfortável por algumas usuárias. Esse retorno é muito importante, pois segundo Mkhize e outros (2017) não basta apenas fornecer um banheiro bem projetado e sem desperdício, e preciso ainda oferecer aos usuários uma instalação que atende às suas necessidades e ao seu estilo de vida.

Ainda, a fim de identificar entre os usuários (homens e mulheres), qual deles mais utilizou os mictórios durante os 28 dias, foram considerados nessa análise apenas os valores contabilizados nas planilhas de frequências fixadas nos banheiros

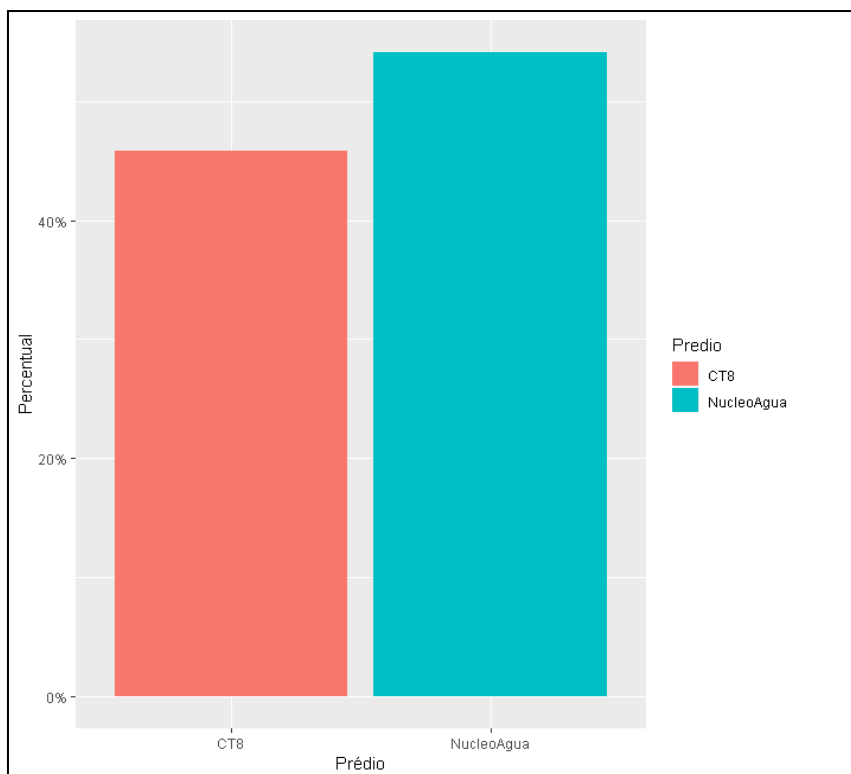
(masculino e feminino) do Núcleo Água e do CT VIII – prédio da Engenharia Ambiental, instalados no térreo.

Foi feito um gráfico de barras (Gráfico 3) comparando a aceitação nos dois prédios, o resultado indica que a mesma foi bastante próxima, sendo que no CT VIII houve aproximadamente 46% das raspadinhas totais. Esta aparente diferença foi verificada estatisticamente usando o teste de comparação de proporções, sendo as hipóteses testadas:

H0: As proporções de aceitação nos dois prédios são iguais.

H1: As proporções de aceitação nos dois prédios são diferentes.

Gráfico 3 - Comparação da aceitação nos dois prédios do CT



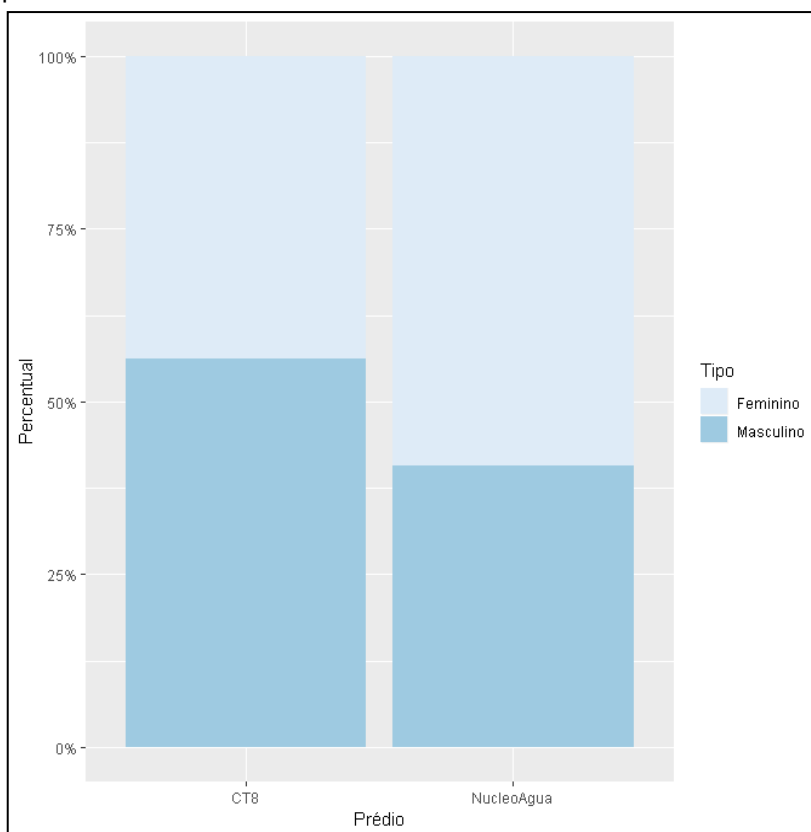
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Os resultados do teste apontaram que há uma diferença estatística significativa entre as proporções de aceitação nos dois prédios (valor- $p=0,0058$). O intervalo de confiança calculado indica que, com 95% de confiança, a proporção de aceitação no prédio CT VIII está entre 43% e 49%.

Quando comparadas a aceitação de homens e mulheres, as proporções não se mostraram estatisticamente diferentes (valor- $p=0,1632$). Com 95% de confiança, apontamos que entre todos os que marcaram a raspadinha, a proporção de homens está entre 49% e 55%.

O Gráfico 4 de barras foi utilizado para comparar a aceitação de homens e mulheres nos prédios, e os resultados indicam que houve maior aceitação das mulheres no prédio Núcleo Água quando comparado com o prédio CTVIII. Mesmo assim, em conjunto não há diferenças entre os níveis de aceitação de homens e mulheres, como foi encontrado no teste.

Gráfico 4 - Comparando a aceitação de homens e mulheres entre os prédios localizados no CT



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Após análise das raspadinhas, foi observado que o período com maior adesão aos mictórios secos foi o vespertino com 52,26% das micções. Já o matutino e o noturno corresponderam respectivamente a 42,30% e 5,44%. Contudo, o horário em que

mais se utilizaram os mictórios secos pertence ao turno matutino, entre 11 às 12 horas (12%) período este que se justifica por ser o horário de almoço, onde as pessoas costumam ir ao banheiro antes ou depois das refeições.

Diante do acima exposto, conclui-se que houve aceitação dos mictórios secos instalados, não havendo uma distinção entre a aceitação de homens e mulheres, e não sendo necessário um direcionamento separado para ambos os sexos.

5.2 CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA DA URINA BOVINA (UB)

5.2.1 Aspectos quantitativos

O volume médio de urina bovina encontrado foi de aproximadamente 1181 mL/dia ou 1,18 L/dia (referente apenas a primeira urina do dia), esse valor representa a média diária de 7 dias. Não foi possível obter a frequência urinária diária devido ao tipo de manejo dos animais. As vacas ficam soltas grande parte do dia, o que dificulta o acompanhamento e coleta de cada micção, e devido às dificuldades encontradas, sugere-se que seja realizado um monitoramento mais aprimorado.

No entanto, sabendo que uma vaca adulta urina entre 8 a 10 vezes por dia (HAYNES, WILLIAMS, 1993) um volume médio de 10,87 a 11, 11 L/dia de urina (SILVA et al., 2001), é possível afirmar que o valor identificado nessa pesquisa encontra-se próximo a literatura.

O volume médio por micção encontrado foi de aproximadamente 1312 mL a cada ato de urinar. Com base nesses valores, foi possível calcular a média de micção por animal que variou entre 2050 a 320 mL no período analisado, pois assim como a urina humana, a bovina também é bastante variável em função aos fatores fisiológicos de cada animal, a dieta, temperatura, consumo de água, tipo de manejo e etc. Desta forma, os dados podem ser variáveis de acordo com cada fazenda.

5.3 CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA

Para alcançar os objetivos foram realizadas análises dos resultados obtidos em laboratório, referenciando-se em discussões teóricas de outras pesquisas, com intuito de compreender melhor no que diz respeito a patógenos, elementos-traços, hormônios e outros fármacos presentes nas urinas. Neste item discute-se a caracterização qualitativa da urina humana e bovina.

5.3.1 Análise de detecção e quantificação de fármacos e hormônio na urina

Inicialmente foram testadas várias fases móveis (FM) sendo 7 tipos no total. No entanto as condições cromatográficas ideais basearam-se no método descrito por Zanchetta, Pena e Gonçalves (2015).

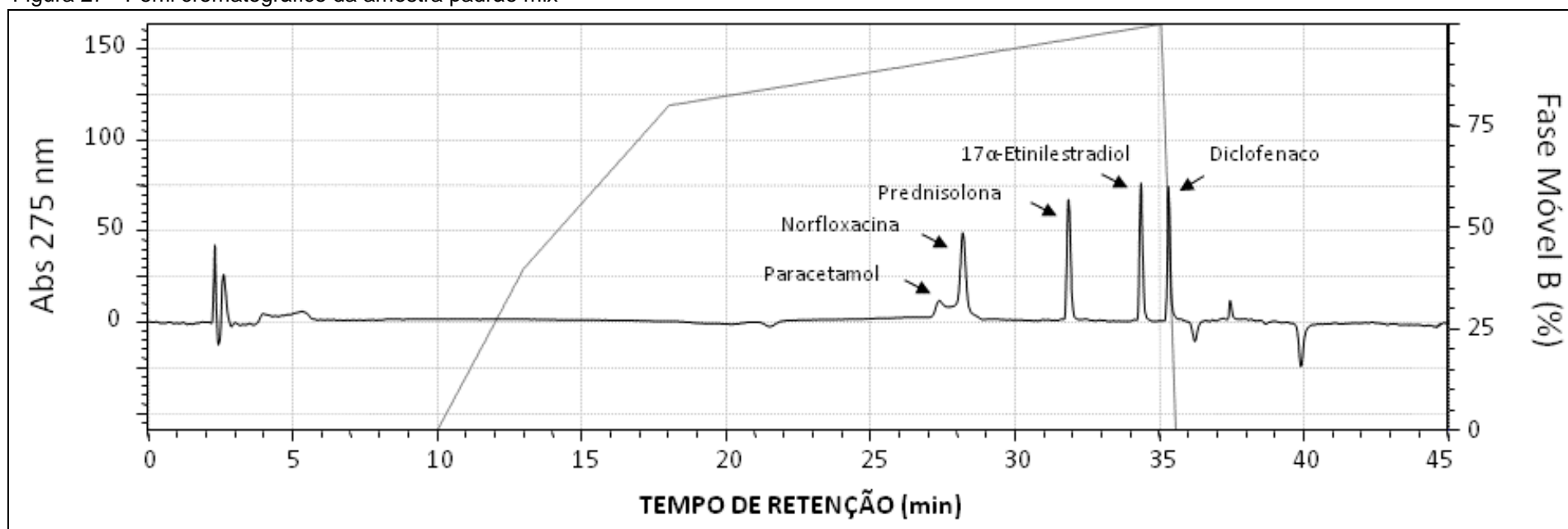
Com o método pré-definido, foi realizado o preparo de um “mix”⁷ contendo todas as soluções padrão. Em seguida, 20 µm do mix foi injetado na CLAE. Vale ressaltar que para a detecção de cada banda cromatográfica apresentada na amostra mix foi necessário à injeção individual de cada solução padrão que por meio do tempo de retenção foi estabelecido cada uma das substâncias de interesse a serem analisadas.

A variação no tempo de retenção (T_R) de cada uma das soluções padrão injetadas foi respectivamente de 27,6; 28,2; 31,8; 34,4 e 35,4 minutos para o paracetamol (PAR.), norfloxacino (NOR.), prednisolona (PRE.), diclofenaco de sódio (DIC.) e 17 α -etinilestradiol (ETN.).

O perfil cromatográfico da amostra padrão mix contendo os fármacos paracetamol (0,40 µg/mL), norfloxacina (0,07 µg/mL), prednisolona (0,60 µg/mL), diclofenaco (0,18 µg/mL) e o hormônio 17 α -etinilestradiol (1,5 µg/mL) solubilizada em metanol 100% encontra-se abaixo (Figura 27).

⁷ Mistura de todas as amostras padrão.

Figura 27 - Perfil cromatográfico da amostra padrão mix

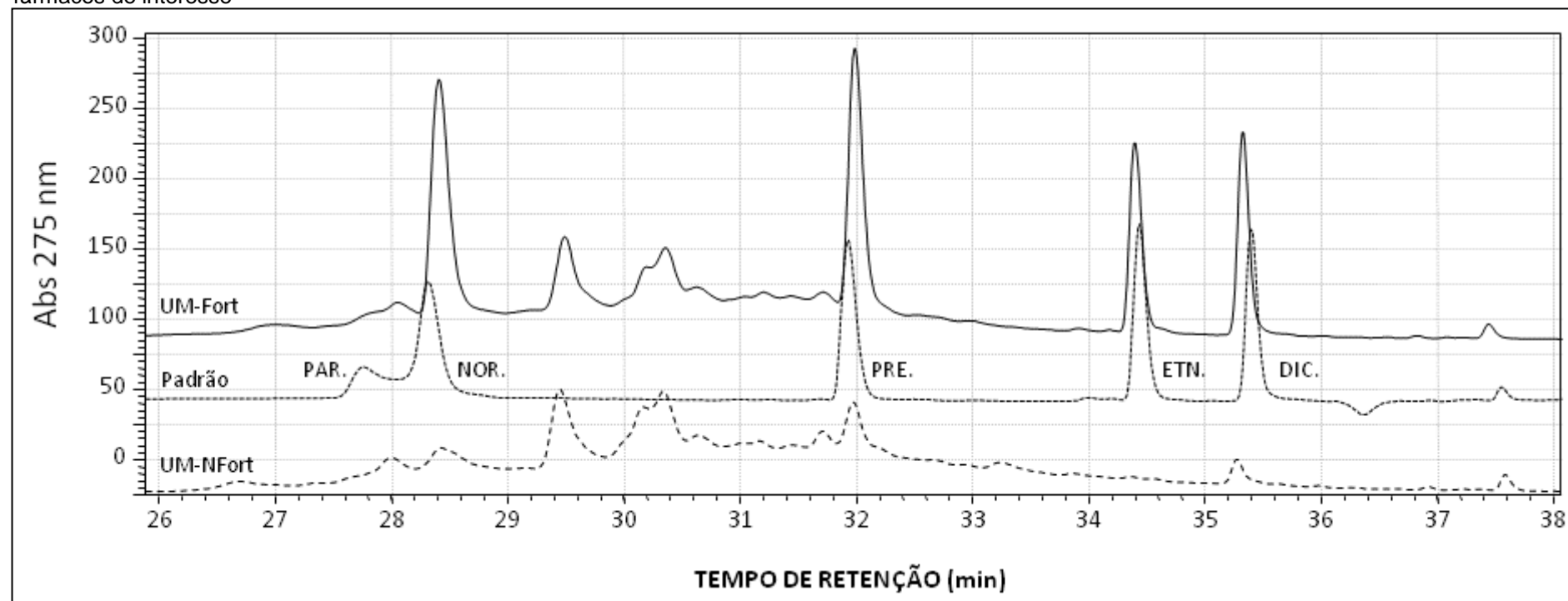


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

5.3.1.1 Cromatogramas da urina masculina, feminina e bovina não fortificadas e fortificadas.

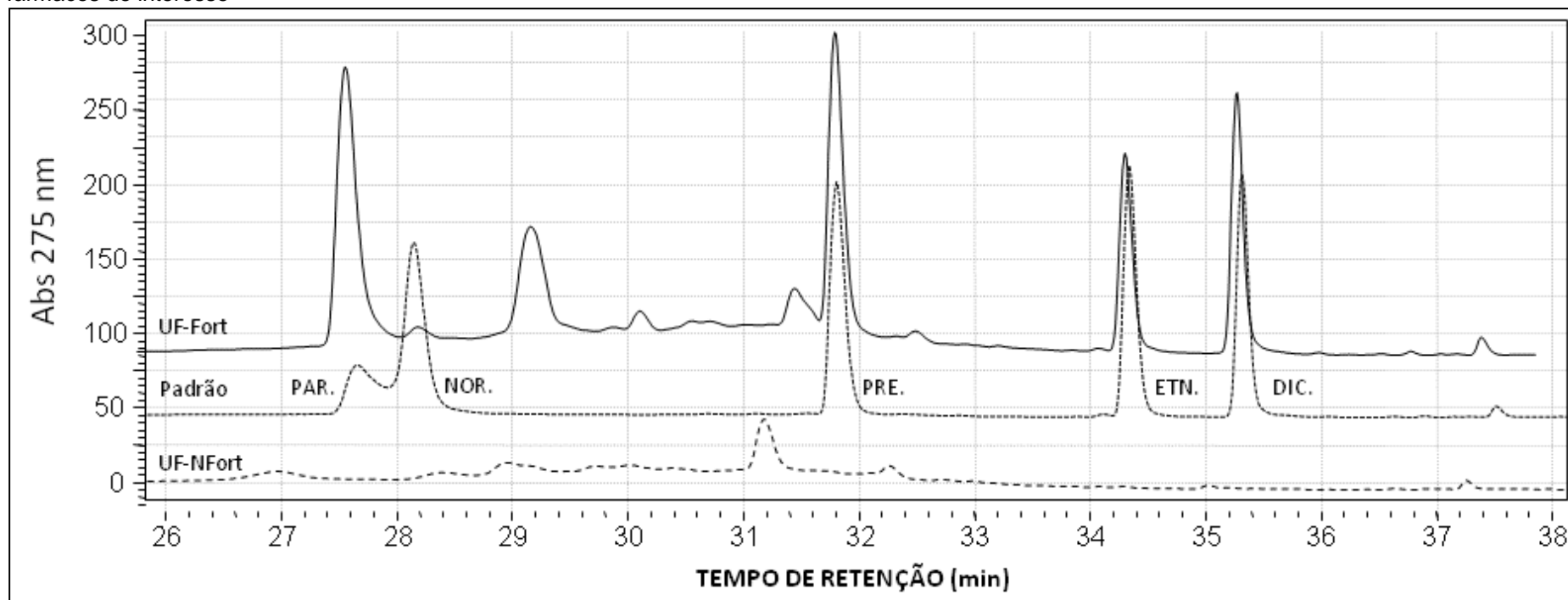
Foram determinados os limites de detecção e de quantificação para o método estabelecido. Após obtenção do perfil cromatográfico foram injetadas as amostras de urina masculina (UM), feminina (UF) e bovina (UB), não fortificada (N-Fort) e fortificada (Fort) com os fármacos paracetamol (1,00 µg/mL), norfloxacin (0,18 µg/mL), prednisolona (1,50 µg/mL), diclofenaco (0,45 µg/mL) e o hormônio 17 α -etinilestradiol (3,75 µg/mL). Os cromatogramas obtidos estão demonstrados nas Figuras (28; 29 e 30).

Figura 28 - Sobreposição dos perfis cromatográficos referentes às amostras de urina masculina não fortificada (UM-Nfort) e fortificada (UM-Fort) com os fármacos de interesse



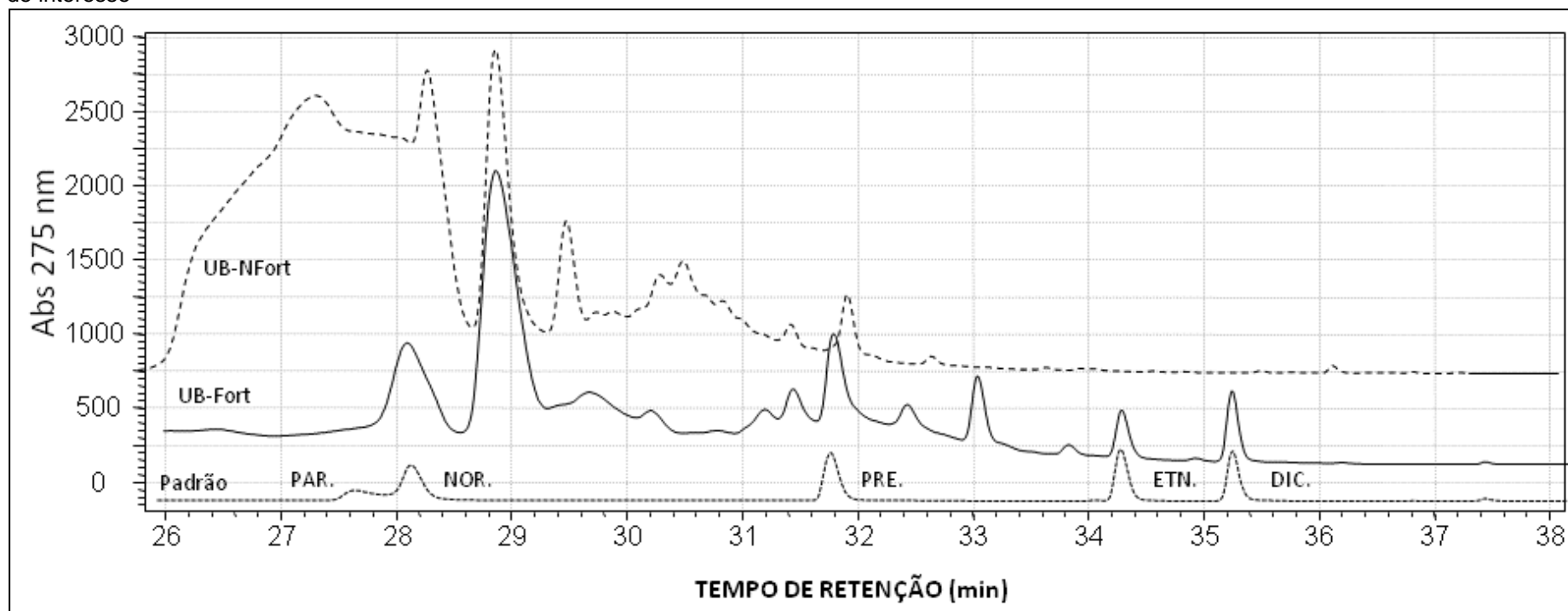
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 29 - Sobreposição dos perfis cromatográficos referentes às amostras de urina feminina não fortificada (UF-Nfort) e fortificada (UF-Fort) com os fármacos de interesse



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 30 - Sobreposição dos perfis cromatográficos referentes às amostras de urina bovina não fortificada (UB-Nfort) e fortificada (UB-Fort) com os fármacos de interesse



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Considerado a diferença de sensibilidade entre os analitos em função dos cromóforos existente na estrutura de cada fármacos, o preparo da solução padrão foi realizado em diferentes concentrações permitiu obter além de bandas cromatográficas mais simétrica, uma boa resolução, sobrepondo-se as bandas cromatográficas obtidas das amostras de urina não fortificada e fortificada.

Ainda com base nos cromatogramas apresentados, observou-se que a FM utilizada proporcionou uma melhor eluição, com o mínimo de dispersão do analito. Essa fase móvel apresentou força de arraste e a seletividade adequada para separar os fármacos, sendo possível detectar todos em tempos de retenção diferentes.

5.3.1.2 Quantificação dos fármacos nas amostras de urina

Os dados de quantificação do norfloxacino (NOR.), prednisolona (PRE.), diclofenaco de sódio (DIC.) e 17 α -etinilestradiol (ETN.) estão demonstrados na Tabela 20.

Tabela 20 - Quantificação de fármacos em amostras de urina masculina, feminina e bovina não fortificada e fortificada com fármacos de interesse

AMOSTRA	NORFLOXACINA (µg/mL)	PREDNISOLONA (µg/mL)	17α-ETINILESTRADIOL (µg/mL)	DICLOFENACO DE SÓDIO (µg/mL)
Urina Masculina	0,03	0,53	ND	0,10
Urina Masculina Fortificada	0,22	2,12	3,76	0,55
Urina Feminina	ND	ND	ND	ND
Urina Feminina Fortificada	0,40	1,46	3,73	0,44
Urina Bovina	ND	ND	ND	ND
Urina Bovina Fortificada	0,19	1,41	3,78	0,43
Fortificação	0,18	1,50	3,75	0,45

ND – Nada consta. Urina fortificada é aquela dopada, em concentrações especificadas, com os fármacos de interesse.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Observou-se que das amostras de urina analisadas, apenas a amostra de urina masculina apresentou concentrações quantificáveis de fármacos, sendo esses: norfloxacin (0,03 µg/mL); prednisolona (0,53 µg/mL) e o diclofenaco de sódio (0,10 µg/mL). Porém, esses valores quantificados, ainda que em concentrações baixas, não impossibilita o uso da urina masculina na produção de estruvita, uma vez que, durante o processo de precipitação essas concentrações são reduzidas em 98% (RONTELTAP; MAURER, GUJER, 2007a). Outro fato importante é que no Brasil não existe nenhuma instrução normativa que estabeleça os limites máximos desses disruptores endócrinos admitidos em substratos para plantas.

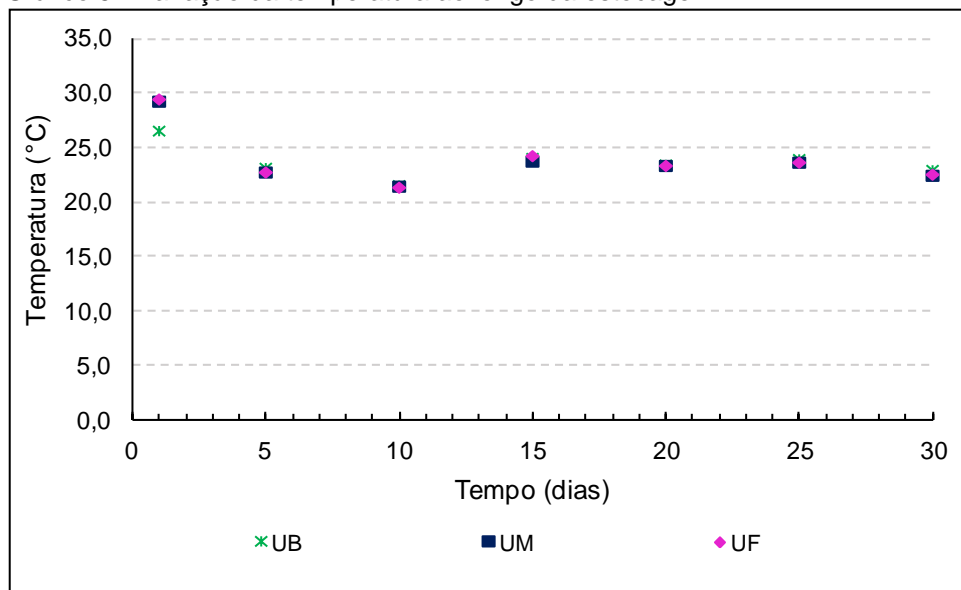
Pelas análises dos perfis cromatográficos obtidos não foi possível observar a banda cromatográfica para o fármaco paracetamol. O intuito foi desenvolver um método universal capaz de extrair diferentes fármacos das mais diversas classes terapêuticas. Essa dificuldade em quantificar o paracetamol indica a necessidade de utilizar outro método extrativo pré-estabelecido por literaturas especializadas, como exemplo, farmacopeias.

5.3.2 Comportamento das amostras durante o processo de estocagem

5.3.2.1 Análises físico-químicas e microbiológicas

Os resultados obtidos apontaram que durante o período de estocagem os parâmetros físico-químicos se comportaram da seguinte forma: a temperatura se manteve próxima para todas as amostras, variando entre 21,4 a 29,6°C (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Variação da temperatura ao longo da estocagem

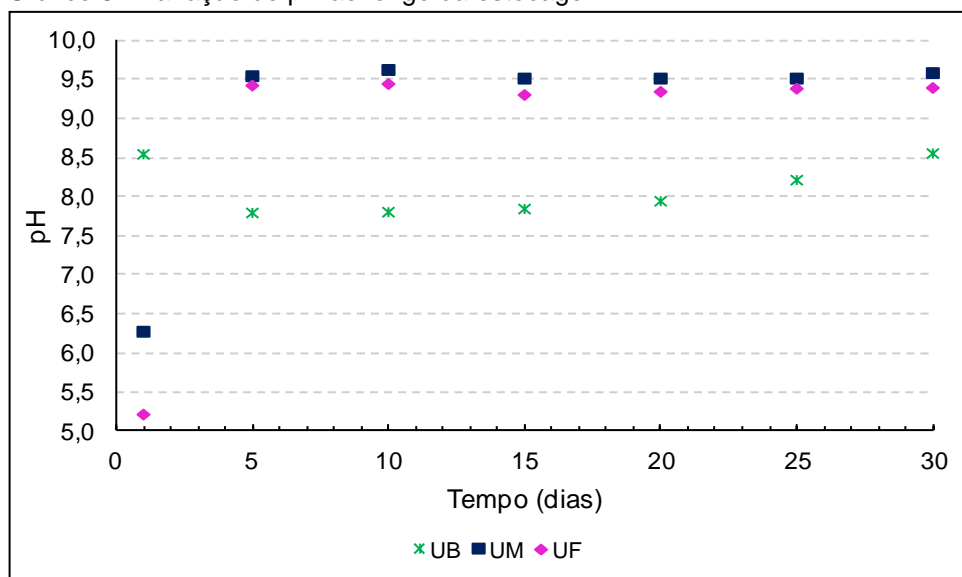


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A urina masculina e feminina, inicialmente, apresentou pH de 6,28 e 5,22, respectivamente, mas alcançaram valores acima de 9 com apenas 5 dias de estocagem e se mantiveram constante ao longo de todo o período de estocagem. Já na urina bovina recém-excretada, verificou-se valor próximo a 9 desde o início. Entretanto, no decorrer da estocagem, esse valor foi reduzido a 7,8 e se manteve constante até o décimo quinto dia de estocagem, voltando a atingir valor próximo ao inicial no trigésimo dia (Gráfico 6).

De acordo com Pareek et al., (2015), diferentemente da urina humana, a urina bovina não atinge o pH alcalino com longos períodos de estocagem. Por esse fato é que geralmente se opta em utilizar as amostras de urina bovina ainda fresca no processo de precipitação da estruvita, realizando a correção do pH por meio da adição de salmoura (PRABHU; MUTNURI, 2014) e/ou com KOH 5N (KARAK et al., 2015).

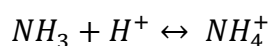
Gráfico 6 - Variação do pH ao longo da estocagem



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

O aumento do nitrogênio amoniacal ocorre através da hidrólise da ureia catalisada pela enzima uréase. Durante a reação de hidrólise da ureia, outros produtos como o bicarbonato também contribuem na elevação do pH (UDERT; LARSEN; GUJER, 2003).

A volatilização da amônia para atmosfera, sob a influência do pH e a temperatura, é um dos principais mecanismos de remoção do nitrogênio amoniacal. No meio líquido, a amônia apresenta-se segundo reação de equilíbrio (Equação 11):



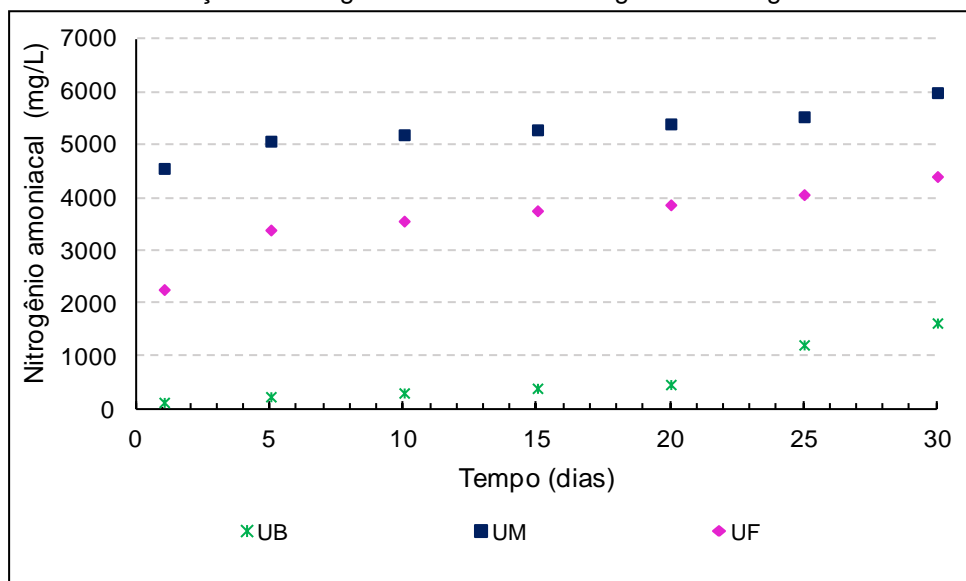
(11)

A amônia livre (NH_3) é passível de volatilização, ao passo que a amônia ionizada não pode ser removida por volatilização. Com a elevação do pH, o equilíbrio da reação se desloca para esquerda, favorecendo a maior presença de NH_3 . No pH em torno da neutralidade, praticamente toda a amônia encontra-se na forma de amônio (NH_4^+). No pH próximo a 9,5 aproximadamente 50% do nitrogênio amoniacal encontra-se na forma NH_3 e 50% na forma de NH_4^+ . Em pH superior a 11, praticamente todo o nitrogênio amoniacal está na forma de NH_3 , contribuindo

dessa forma para a remoção de nitrogênio via volatilização da amônia (VON SPERLING, 2005).

Depois de 30 dias de estocagem, verificou-se que a concentração de nitrogênio amoniacal no reservatório bovino foi de aproximadamente 1646,81 mg/L, enquanto que no reservatório feminino e masculino as concentrações foram de 4417,78 mg/L e 6004,44mg/L respectivamente (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Variação do nitrogênio amoniacal ao longo da estocagem



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A baixa concentração de nitrogênio amoniacal na urina bovina em relação à humana é explicada pelo fato das vacas terem uma dieta rica em carboidratos, e que conseqüentemente excretam pouco nitrogênio. Já a diferença identificada entre a concentração da urina masculina para a feminina ocorre devido aos altos níveis de testosterona presentes nos homens, hormônio com propriedades em relação ao aumento da síntese proteica (BHASIN, 2005), permitindo assim que os mesmos excretem mais ureia.

Foi observado ao final do processo de estocagem da urina humana que houve amonificação com a passagem de parte do nitrogênio orgânico para a forma amoniacal. Diferentemente do observado no início da estocagem, onde grande parte do nitrogênio está na forma orgânica (Tabela 21).

Quanto à urina bovina, pode-se inferir que devido à mesma permanecer com sua qualidade inalterada até um ano de estocagem (PESAGRO-RIO, 2002), não se pode observar o mesmo processo de amonificação apresentado pela urina humana.

Tabela 21 - Valores comparativos de Nitrogênio amoniacal e NTK no início e final do processo de estocagem

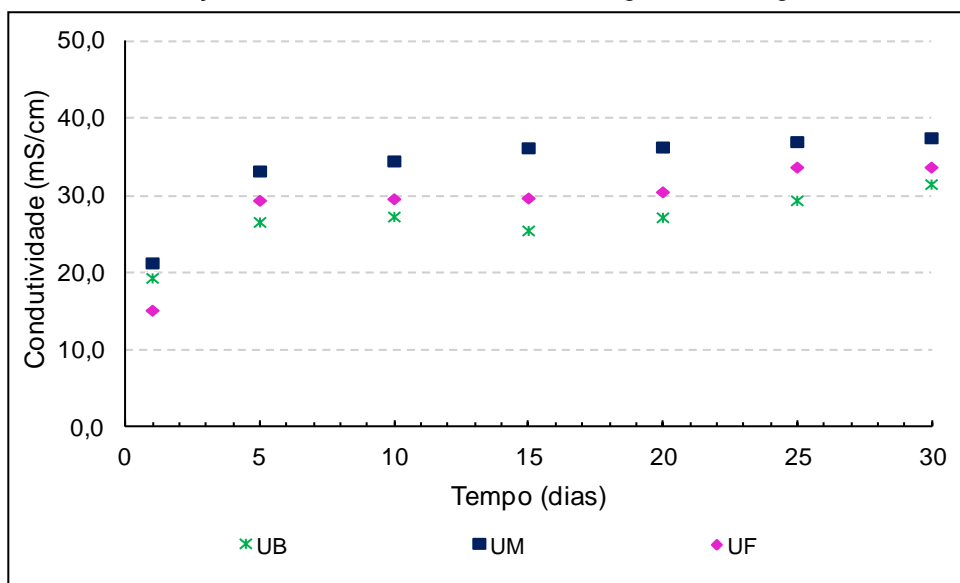
Reservatório de urina	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)		Nitrogênio Total Kjeldahl (mg/L)		Nitrogênio Orgânico (mg/L)	
	Início	Final	Início	Final	Início	Final
Bovina	145,6	1648,81	4338,85	4324,44	4193,25	2675,63
Masculina	4571,51	6004,44	6770,82	6657,33	2199,31	625,89
Feminina	2280,2	4417,78	4615,21	4573,33	2333,01	155,55

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A condutividade elétrica é usada como uma medida da concentração de sais dissolvidos, que representa o risco de salinidade para o cultivo, reduzindo assim, a produtividade das plantas (GUIMARÃES et al., 2014). Os valores da condutividade elétrica obtidos nos reservatórios estão apresentados no Gráfico 8.

A condutividade elétrica aumentou durante todo o tempo, variando entre as faixas de 15,17 a 37,5 mS/cm. Os valores de ambas as amostras apresentaram um ligeiro aumento nos últimos dias de estocagem.

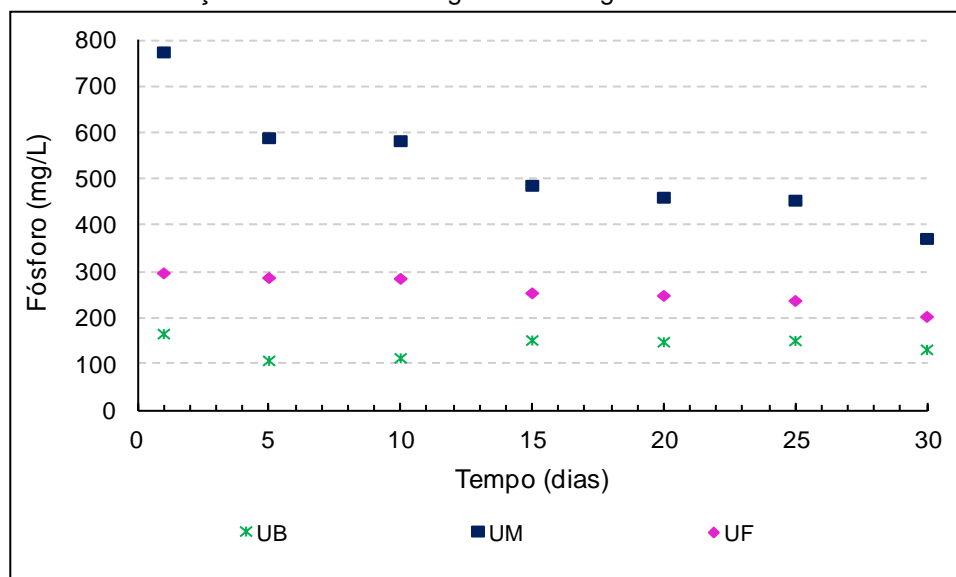
Gráfico 8 - Variação da condutividade elétrica ao longo da estocagem



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Ao longo da estocagem, observou-se uma redução da concentração de fósforo total em ambas às amostras (Gráfico 9). E isso ocorreu devido à precipitação espontânea de cristais contendo fosfato, como por exemplo, a estruvita.

Gráfico 9 - Variação do fósforo ao longo da estocagem

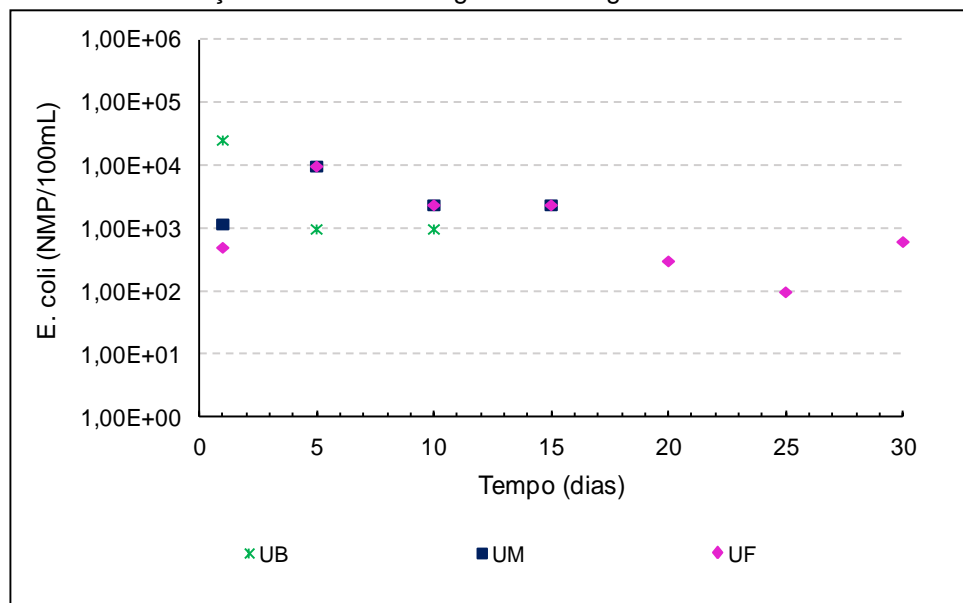


Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Ao final da estocagem os valores de fósforo total foram de 132,45 mg/L na urina bovina; 203,64 mg/L na urina feminina e 372,19 mg/L na urina masculina.

Quanto aos resultados microbiológicos, foi verificada a presença de *E. coli* e coliformes totais no início da estocagem em ambas as amostras de urina (Gráficos 10 e 11).

Gráfico 10 - Variação da *E. coli* ao longo da estocagem



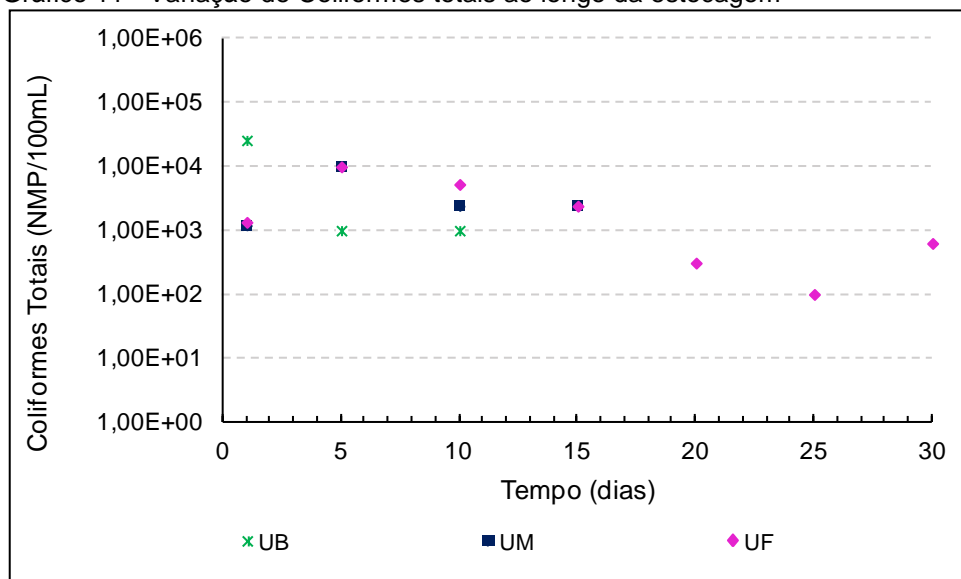
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

A bactéria do gênero *Escherichia coli* ocorre em diversas formas na natureza, variando de cepas comensais a patogênicas, sendo encontrada no intestino do homem e animais homeotérmicos (TOUCHON et al., 2009). Os coliformes totais são um grupo de bactérias, onde a principal representante é a *E. coli*.

Observou-se durante a coleta da urina bovina a contaminação fecal cruzada, causada devido ao contato da urina com fezes acumuladas no aparelho genital das vacas, o que provavelmente explica a maior densidade de bactérias do grupo coliformes detectado em amostras de urina bovina fresca.

Durante os cinco primeiros dias de estocagem, a concentração de *E. coli* e coliformes totais na urina bovina sofreu um rápido declínio, vindo a atingir valores abaixo dos limites de detecção segundo a metodologia <1NMP/100ml (APHA, 2012) com apenas 15 dias de estocagem.

Gráfico 11 - Variação de Coliformes totais ao longo da estocagem



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

O rápido decaimento bacteriano observado na urina bovina pode estar relacionado à competição por substratos e ou a predação promovida por outros microrganismos presentes na urina bovina. Outra suposição é de que exista algum interferente na urina das vacas capaz de inibir o crescimento desses microrganismos. Diante das incertezas, não é possível afirmar tal fato, assim, sugiro a trabalhos futuros uma investigação aprofundada.

Em relação a concentração de *E. coli* e coliformes totais, não houve diferença significativa entre as amostras de urina masculina e feminina. Tanto a urina masculina quanto a feminina forneceu um substrato e condições necessárias ao crescimento bacteriano na fase log durante os cinco primeiros dias de estocagem, o que permitiu um crescimento dos coliformes totais e da *E. coli* na urina. Entretanto, devido ao aumento gradativo do pH e ao processo de amonificação intensa ocorrida no mesmo intervalo de tempo, ocorreu um declínio bacteriano em ambas as amostras.

De acordo com os autores Bach, Stanford e McAllister (2005) a taxa de declínio da *E. coli* aumenta em pH alto. Ainda, Zancheta (2007) afirma que a causa da inativação de microrganismos, ocorre, sobretudo quando os valores de pH estejam maiores que 8,5, o que dependendo da temperatura ambiente, pode ocorrer em poucas semanas, como foi observado na urina masculina.

Na urina bovina e masculina, a quantidade desses microrganismos, com respectivos 15 e 20 dias, estavam em valores abaixo dos limites de detecção, ou seja, permanecendo constante até ao final do período de análise. Contudo, o mesmo não ocorreu com a urina feminina, pois a presença de coliformes totais e *E. coli* se mantiveram em níveis detectáveis ao longo de todo o período de estocagem estabelecido.

As concentrações de *E. coli* e coliformes totais apresentados nas amostras de urina humana obtidas através das análises microbiológicas podem ser explicadas por Zancheta (2007), ao afirmar que o ser humano não excreta na via urinária nenhum tipo de bactéria do grupo coliforme, o que ocorre é a contaminação da urina na saída da uretra.

De acordo com Silva e outros (2005), a urina é um excelente meio de cultura para muitos microrganismos, especialmente bactérias. Os microrganismos que inicialmente estejam presentes em baixas densidades em uma amostra não preservada (10^2 a 10^4 UFC/mL) podem se multiplicar na urina, elevando suas contagens para $>10^5$ UFC/mL com extrema facilidade, especialmente em se tratando de bactérias de crescimento rápido como as enterobactérias.

O processo de estocagem das amostras de urina mostra-se um método de higienização de baixo custo e bastante eficiente no processo de estabilização físico-química, favoráveis à formação da estruvita e na redução de microrganismos patogênicos presentes na urina. Contudo, os resultados obtidos mostraram que na urina feminina houve baixo decaimento bacteriano, estando os coliformes presentes até o trigésimo dia de estocagem. Desta forma, conclui-se que o tempo de 30 dias de estocagem não é suficiente para garantir a utilização da urina humana na agricultura de forma segura. Assim, recomenda-se um tempo de estocagem maior, conforme apontado anteriormente na Tabela 7.

5.3.3 Análise para determinação de elementos-traços nas amostras de urina

5.3.3.1 Espectrometria de Massas com Plasmas Indutivamente Acoplado (ICP-MS)

Os resultados utilizando o ICP-MS estão descritos, respectivamente, na Tabela 22.

Os elementos-traço: cromo, mercúrio e o zinco não foram analisados devido à presença de alguns interferentes, que faz com que o analito tenha comportamento diferente na amostra. Contudo, essas interferências podem ser corrigidas com a instalação de uma célula de colisão e reação no ICP-MS, e devido à falta desse equipamento, as interferências não puderam ser corrigidas, como por exemplo, o zinco.

Tabela 22 - Concentração de elementos-traço obtidas por ICP-MS

Amostras	As ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Co ($\mu\text{g/L}$)	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Mn ($\mu\text{g/L}$)	Ni ($\mu\text{g/L}$)	Pb ($\mu\text{g/L}$)
Urina Masculina	30,81 \pm 3,80	< LQ	0,2483 \pm 0,0320	107,3 \pm 4,13	< LQ	< LQ	0,8770 \pm 0,1035
Urina Feminina	20,46 \pm 1,72	< LQ	12,93 \pm 0,2917	64,65 \pm 2,84	< LQ	< LQ	1,156 \pm 0,1290
Urina Bovina	24,43 \pm 1,13	< LQ	0,3171 \pm 0,0282	162,52 \pm 5,29	0,4457 \pm 0,0490	< LQ	1,741 \pm 0,4119
LD ($\mu\text{g/L}$)	0,0074	0,00095	0,00024	0,026	0,0063	0,0034	0,0041
LQ ($\mu\text{g/L}$)	0,025	0,0032	0,00081	0,090	0,021	0,011	0,014

LD e LQ equivalem ao limite de detecção e limite de quantificação na amostra.

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

As interferências espectrais são causadas por íons atômicos ou moleculares que apresentam a mesma massa nominal do analito, resultando em maiores contagens e um maior sinal para a razão m/z do analito de interesse (JARVIS; GRAY; HOUK, 1992). Uma das interferências causada durante a análise ocorreu devido a altas concentrações de cloreto, em torno de 5 a 6 g/L, na urina humana (ZANCHETA, 2007) e bovina. Essa interferência somente foi observada na determinação direta do isótopo de crômio (^{53}Cr), evidenciando a ocorrência da espécie $^{37}\text{Cl}^{16}\text{O}^+$, na m/z 53.

Durante a utilização da técnica, não foi possível realizar a determinação do mercúrio devido a sua alta volatilidade e saturação na câmara de nebulização, resultando em um efeito de memória que é muito empregado para esse elemento. Outra possível interferência está relacionada à capacidade do sistema proposto em removê-lo (ALLIBONE; FATEMIAN; WALKER, 1999).

De acordo com a Instrução Normativa SDA do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, nº 27, republicada em 02 de maio de 2016, o limite máximo admitido para elementos-traço tóxicos nos fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários ou para os com até 5% de pentóxido de fósforo (P_2O_5), em substratos para plantas e em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo (BRASIL, 2016), podem ser observados na Tabela 23.

Tabela 23 - Limites máximos de elementos-traço tóxicos admitidos em substratos para plantas

Contaminantes (mg/Kg)	Limites máximos de contaminantes admitidos		
	Elementos-traço tóxicos para os fertilizantes minerais com nitrogênio, potássio, macronutrientes secundários, para os com até 5% de P ₂ O ₅	Em substratos para plantas	Fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo
Arsênio	10	20	20
Cádmio	20	8	3
Chumbo	100	300	150
Mercúrio	0,20	2,50	1
Crômio	200	500	500
Cromo hexavalente	-	-	2
Níquel	-	175	70
Selênio	-	80	80

Fonte: Adaptado a Instrução Normativa SDA nº 27, 5 de junho de 2006. Alterada pela IN SDA nº 7, de 12 de abril de 2016, republicada em 2 de maio de 2016 (BRASIL, 2016).

Com base na Instrução Normativa supracitada, que estabeleceu os limites máximos de elementos-traço nos fertilizantes minerais na ordem de mg/Kg, ao realizar um comparativo aos resultados obtidos, na ordem de µg/L, por meio da utilização da técnica (ICP-MS), é possível afirmar que a concentração de elementos-traço detectados e quantificados no ICP-MS, se encontra abaixo dos limites estabelecidos pela lei.

5.3.4 Precipitação química da urina humana em escala de bancada, filtração e secagem do precipitado

Apesar de ETTER e outros (2011) relatarem uma produção de estruvita de 1,39 g/L, nesse estudo observou-se uma produção de 0,80 g/L e 0,68 g/L para a urina masculina e feminina, respectivamente. Porém, cabe ressaltar que ETTER e outros (2011) consideraram toda a massa de precipitado produzida como sendo estruvita, enquanto que nesse estudo toda a massa de precipitado produzida (1,43 g/L para urina masculina e 1,17g/L para feminina) foi submetida

à análise de difração de raios-x, que identificou uma proporção de aproximadamente 55% e 58% de cristais de estruvita para as urinas masculina e feminina, respectivamente.

5.3.5 Precipitação química da urina bovina em escala de bancada, filtração e secagem do precipitado

Para a urina bovina, a produção média de precipitado foi aproximadamente 0,22 g/L, enquanto que a produção de estruvita foi de 0,10 g/L.

5.3.6 Caracterização química e microestrutural do precipitado

5.3.6.1 Difração de raios-X

A pureza está ligada a porcentagem de estruvita presente no precipitado (ZAMORA et al., 2017). Assim, a presença de estruvita foi confirmada nos precipitados gerados a partir das amostras de urina masculina, feminina e bovina através do DRX, e seus respectivos graus de pureza foram de 55,7, 58,5 e 43,8%. Foi visto também que os teores dos elementos-traço: As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn e Hg foram abaixo dos limites de detecção.

As fichas cristalográficas que melhor descrevem a composição das estruvitas encontram descritas na Tabela 24.

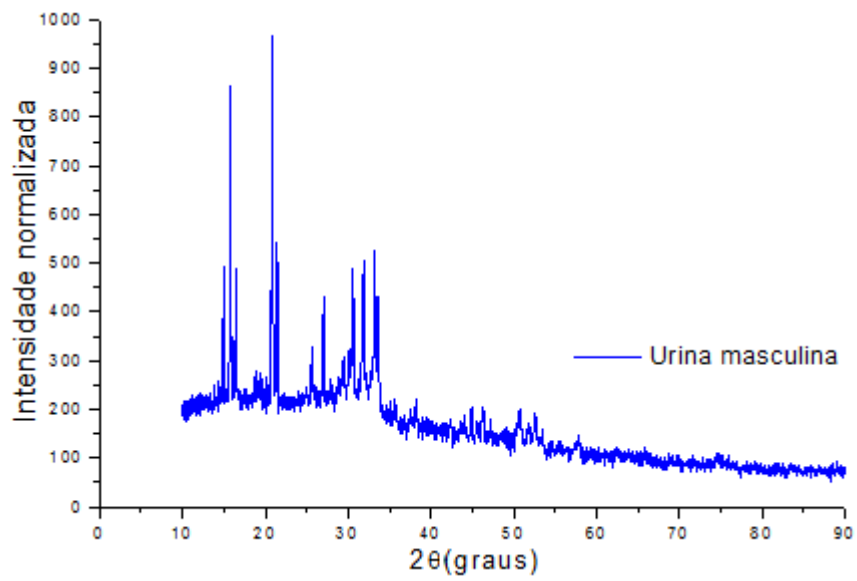
Tabela 24 - Fichas cristalográficas utilizadas na análise dos precipitados

Ficha	Formato	Cristal	Fórmula
PDF 15-0762	Ortorrômbica	Estruvita	$(\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6 \text{H}_2\text{O})$
PDF 11-686	Ortorrômbica	Norbergita	$(\text{Mg}_3\text{SiO}_4 \text{F}_2)$
PDF 23-783	Ortorrômbica	Arseniato de magnésio e amônio	$(\text{NH}_4\text{MgAsO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$
PDF 35-574	Ortorrômbica	Fosfato hidratado de manganês, magnésio, cálcio e amônio	$(\text{NH}_4)(\text{Mn, Mg, Ca})\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$
PDF 25-166	Hexagonal	Hidróxido de apatita	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH, Cl, F})$
PDF 5-490	Hexagonal	Quartzo	(SiO_2)
PDF 1-739	Triclínica	Albita	$(\text{Na AlSi}_3\text{O}_8)$
PDF 6-263	Monoclínica	Moscovita	$(\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH, F})_2)$
PDF 45-164	Monoclínica	Fosfato de magnésio e cobre	$(\text{Co}_2\text{Mg}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O})$
PDF 45-625	Monoclínica	Fosfato de magnésio e cobalto hidratado	$(\text{Cu}_2\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_3)$
PDF 29-114	Tetragonal	Fosfato de amônio e chumbo	$(\text{NH}_4)_2\text{PbP}_4\text{O}_{12}$

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

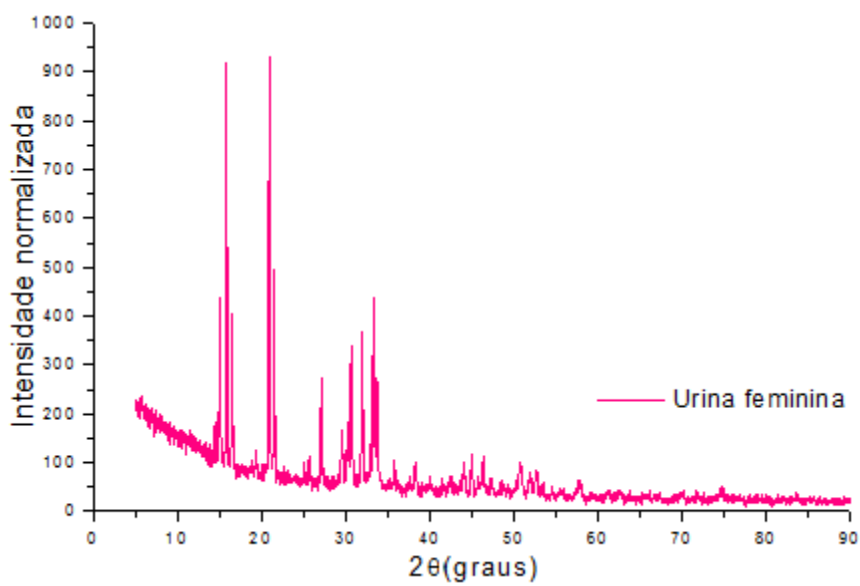
Nas Figuras 31, 32 e 33 é possível ver os difratogramas de raios-X das amostras.

Figura 31 - Difratoograma de raios-X da amostra de estruvita derivada de urina masculina



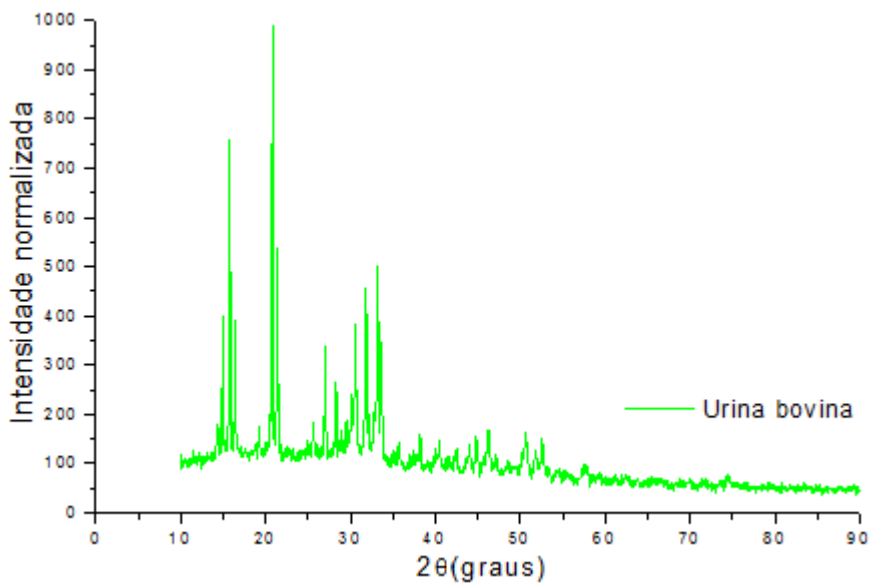
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 32 - Difratoograma de raios-X da amostra de estruvita derivada de urina feminina



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 33 - Difratoograma de raios-X da amostra de estruvita derivada de urina bovina



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

De acordo com estes resultados, a fase predominante é de estruvita ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) e fases espúrias.

Para cada difratograma, foi realizado o cálculo da área sob cada pico usando a função gaussiana. O uso de gaussiana se justifica, pois, elas se ajustam bem aos picos em todo intervalo do espectro de raios-X ($2\theta = 5^\circ$ a 90°). Foi admitido que a área de uma fase dividida pela área total do espectro representa a proporção da fase presente no material. Assim, pôde-se comparar o ângulo característico de cada pico com as respectivas fichas cristalográficas (PASSOS, 2001). Os referidos resultados podem ser vistos na Tabela 25.

Tabela 25 - Fases encontradas nas amostras

Amostras	PDF 15-0762 Ortorrômbica (Estruvita) (%)	PDF 11-686 Ortorrômbica (Norbergita) (%)	PDF 23-783 Ortorrômbica (Ammonium Magnesium Arsenato Hydrate) (%)	PDF 35-574 Ortorrômbica (Ammonium Calcium Magnesium Manganese Phosphate hydrate) (%)	PDF 5-490 Hexagonal (Quartzo) (%)	PDF 6-263 Monoclínica (Moscovita) (%)	PDF 45-164 Monoclínica (Cobalt Magnesium Phosphate Hydrate) (%)	PDF 45-625 Monoclínica (Copper Magnesium Phosphate) (%)	PDF 1-739 Triclínica (Albita) (%)	PDF 29-114 Tetragonal (Ammonium Lead Phosphate) (%)	PDF 25-166 Hexagonal (Hidróxido de apatita) (%)	Picos não identificados (%)
Urina Masculina	55,7	8,4	10,2	-	3,0	3,0	3,0	2,0	0,7	1,9	2,3	9,8
Urina Feminina	58,5	4,8	1,9	-	1,9	3,5	1,4	1,3	0,9	1,9	1,3	19,6
Urina bovina	43,8	6,9	6,7	3,3	5,6	6,5	2,4	1,1	3,2	2,0	3,3	15,2

Fonte: elaborado pelo autor (2018).

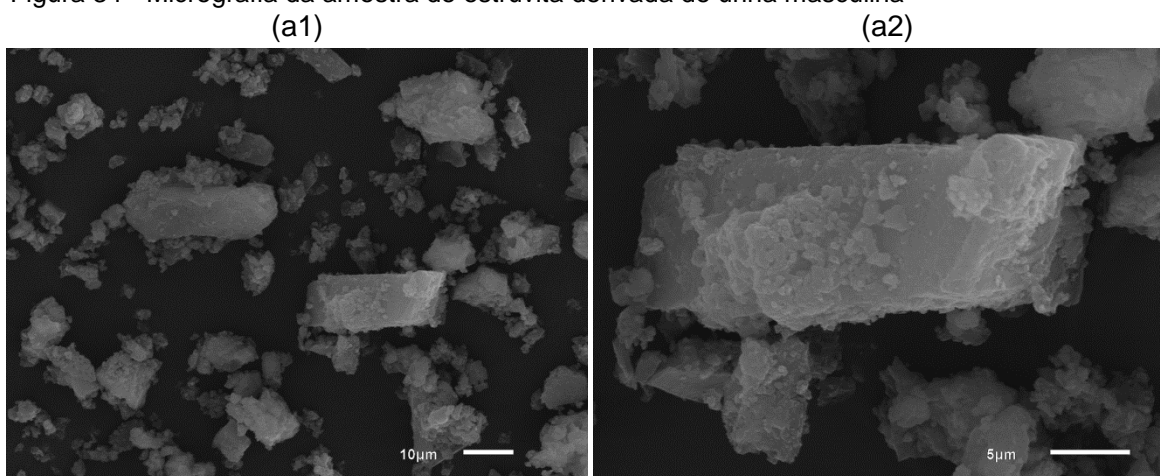
Conforme observado na Tabela 25, além da estruvita, outros minerais também se formaram durante o processo de precipitação química, e isso está diretamente ligado às quantidades de outros cátions metálicos divalentes ou trivalentes disponíveis nas diferentes urinas (KARAK; BHATTACHARYYA, 2011).

Outra possível explicação para a formação de outros minerais pode estar relacionado à utilização do óxido de magnésio P.A no processo, pois em sua composição existem a presença de cloreto ($\leq 0,2\%$), sulfatos e sulfitos ($\leq 0,02\%$), chumbo (≤ 30 ppm) e ferro ($\geq 95,0\%$), que diminuem o grau de pureza da estruvita. Desta forma, aumentar a pureza da amostra é o caminho para melhorar a qualidade de produção da estruvita (KEMACHEEVAKUL et al., 2014).

5.3.6.2 Microscopia eletrônica de varredura

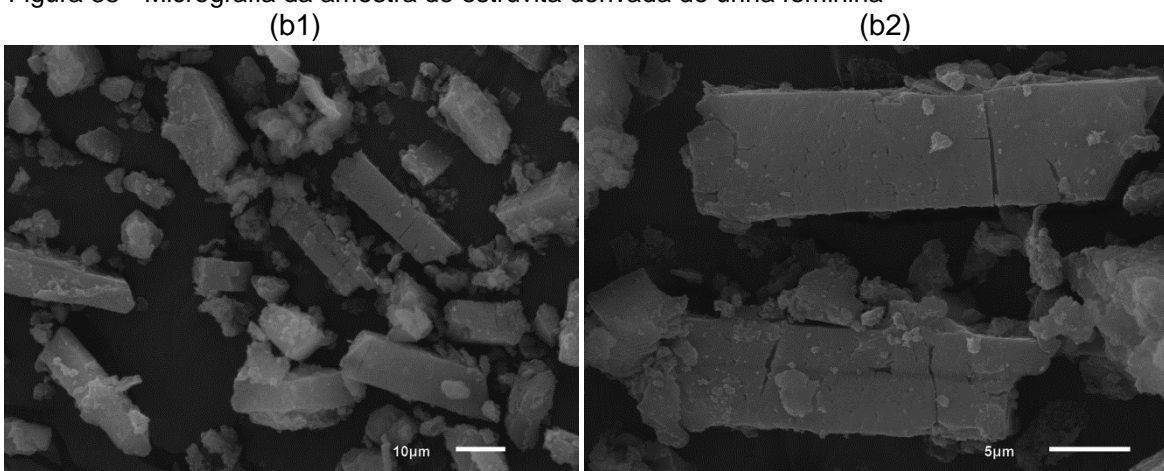
As amostras submetidas às análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), podem ser observadas nas Figuras 34, 35 e 36. Nessa análise, foi notado que as amostras possuem minerais de tamanho ligeiramente diferente, mas com morfologias similares, sendo grande parte destas compostas por estruturas ortorrômicas - estruvita.

Figura 34 - Micrografia da amostra de estruvita derivada de urina masculina



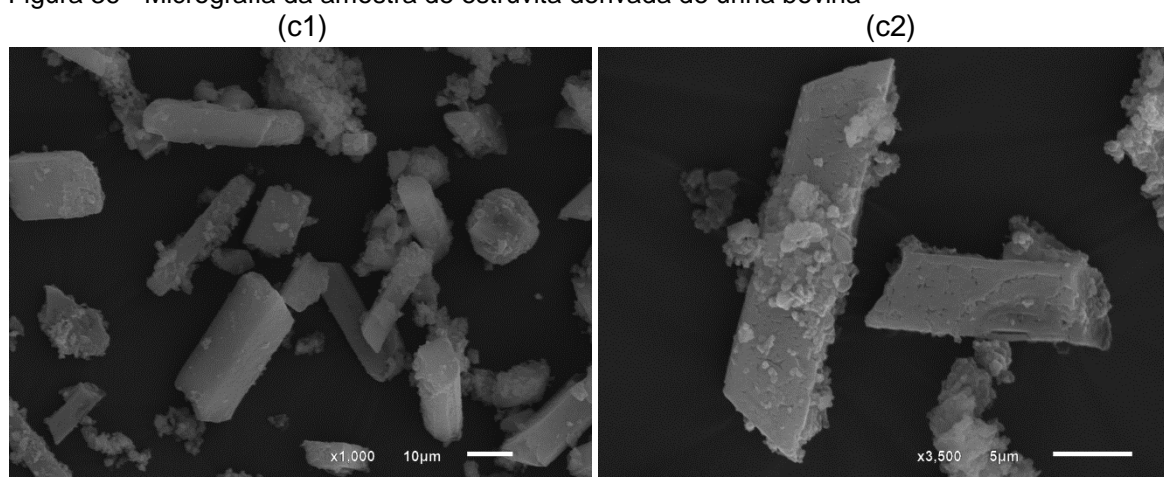
Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 35 - Micrografia da amostra de estruvita derivada de urina feminina



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Figura 36 - Micrografia da amostra de estruvita derivada de urina bovina



Fonte: elaborado pelo autor (2018).

Comparando as micrografias apresentadas acima, foi possível notar que as estruturas morfológicas das amostras de estruvita derivada de urina masculina, feminina e bovina são similares às imagens apresentadas nos artigos dos autores Mpountas, Papadakis, e Koutsoukos (2017) e Prabhu, Mutnuri, (2014).

5.4 IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS PERIGOS E EVENTOS PERIGOS

A utilização de um método que permita a identificação de potenciais perigos e eventos perigosos é definida em função do objeto em análise, do âmbito da análise e dos recursos disponíveis (MENDONÇA, 2013). Assim, esta etapa foi delineada e organizada, de forma que seja possível apontar as diversas naturezas dos perigos e eventos perigosos existentes no processo em estudo.

A equipe multidisciplinar reunida identificou os potenciais perigos e os eventos perigosos em cada etapa do processo de produção da estruvita. Feita a identificação, todos os dados foram reunidos e analisados conjuntamente sendo preenchidos em um único formulário (Quadro 8).

Quadro 8 - Formulário de identificação de potenciais perigos e eventos perigosos

(Continua)

Data: 10/01/2019		Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos						
Coordenador: Natanael Blanco								
Item	Etapas do processo de produção e uso da estrutura	Potenciais eventos perigosos	Tipos de perigos					
			Biológico	Físico	Químico	Acidental	Ergonômico	
1	Produção de urina (usuários do banheiro)	Ato de urinar nos mictórios secos	Contato dérmico com urina					
			Contato entre as mãos contendo urina e a boca					
			Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)					
			Ingestão acidental de urina					
			Instalação e manutenção inadequada de mictórios					
			Piso do banheiro molhado por urina e/ou água					
			Transferência de patógeno depositada em dispositivos do banheiro (Ex.: torneira, maçaneta)					
			Transferência de patógenos através de um vetor					
2	Coleta de urina segregada (esvaziamento de mictórios secos)	Coleta de urina humana	Contato dérmico com urina					
			Contato entre as mãos contendo urina e a boca					
			Falta de higiene adequada das roupas de trabalho (Contaminação cruzada)					
			Inalação de aerossóis					
			Incômodo devido odor desagradável					
			Ingestão acidental de urina					
			Levantamento excessivo de peso (mictórios e/ou bombonas)					
			Piso do banheiro molhado por urina e/ou água					
			Queda do mictório e/ou bombona ao suspendê-lo para coletar urina					
			Transferência de patógenos através de um vetor (Ex.: mosca, mosquito, barata e outros)					
	Coleta de urina bovina com balde (durante a ordenha)	Coleta de urina bovina com balde (durante a ordenha)	Contato dérmico com urina e fezes					
			Contato entre as mãos contendo urina e a boca					
			Desconforto térmico provocado pelo frio e/ou calor excessivo					
			Exposição a ruídos provocados pela ordenha mecânica e animais					

(Continua)

Data: 10/01/2019		Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos							
Coordenador: Natanael Blanco									
Item	Etapas do processo de produção e uso da estruvita		Potenciais eventos perigosos	Tipos de perigos					
				Biológico	Físico	Químico	Acidental	Ergonômico	
2	Coleta de urina segregada	Coleta de urina bovina com balde (durante a ordenha)	Falta de higiene adequada das roupas de trabalho (Contaminação cruzada)						
			Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)						
			Incômodo devido odor desagradável						
			Ingestão acidental de urina						
			Levantamento excessivo de peso (mictórios e/ou bombonas)						
			Manejo das vacas para coleta de urina						
			Piso do banheiro molhado por urina e/ou água						
			Presença de animais peçonhentos						
			Queda do balde e/ou bombona						
		Transferência de patógenos através de um vetor (Ex.: mosca, mosquito, barata e outros)							
3	Transporte manual de carga (utilização de carrinho de carga)		Acidente envolvendo o veículo de transporte						
			Escorregão e/ou queda durante o transporte						
			Falta de higiene adequada das roupas de trabalho (Contaminação cruzada)						
			Levantamento excessivo de peso (mictórios e/ou bombonas)						
			Quedas das bombonas durante o transporte						
	Transporte motorizado e operação de esvaziamento (Longas distâncias e grandes volumes de urina)			Acidente envolvendo o veículo de transporte					
				Contato dérmico com urina durante as operações manuais (abertura e fechamento das câmaras de coleta, mangueiras, bombonas e conexões)					
				Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)					
				Incômodo devido odor desagradável					
				Ingestão acidental de urina					

(Continua)

Data: 10/01/2019		Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos						
Coordenador: Natanael Blanco								
Item	Etapas do processo de produção e uso da estruvita		Potenciais eventos perigosos	Tipos de perigos				
				Biológico	Físico	Químico	Acidental	Ergonômico
4	Estocagem	Processo de estocagem de urina (bombonas plásticas e escuras)	Estouro do reservatório					
			Falta de higiene adequada das roupas de trabalho (Contaminação)					
			Inalação de amônia					
			Levantamento excessivo de peso					
			Piso do banheiro molhado por urina e/ou água					
			Uso de recipientes de vidro para estocagem					
5	Técnica de recuperação de nutrientes	Precipitação química da estruvita (Jar-test, cristalizadores e outros)	Ausência de rotulagem nos equipamentos					
			Choque elétrico					
			Contato dérmico com urina					
			Desprendimento de dispositivo					
			Falta de higiene adequada das roupas de trabalho (Contaminação cruzada)					
			Inalação de amônia					
			Incômodo devido odor desagradável					
			Ingestão acidental de urina					
Uso inadequado dos equipamentos (Ex.: incêndio, explosão etc.)								
6	Filtração	Filtração (membranas filtrantes, filtro de café, peneira granulométrica de aço inox e outros)	Contato dérmico com urina					
			Contato entre as mãos contendo urina e a boca					
			Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)					
			Incômodo devido odor desagradável					
			Ingestão acidental de urina					
			Queda do recipiente com urina					
7	Reuso	Utilização de subproduto de precipitação (Sobrenadante)	Contato dérmico com sobrenadante					
			Contato entre as mãos contendo sobrenadante e a boca					
			Exposição prolongada à radiação ionizante					
			Falta de higiene adequada das roupas de trabalho (Contaminação cruzada)					

(Continuação)

Data: 10/01/2019			Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos					
Coordenador: Natanael Blanco								
Item	Etapas do processo de produção e uso da estruvita		Potenciais eventos perigosos	Tipos de perigos				
				Biológico	Físico	Químico	Acidental	Ergonômico
7	Reuso	Utilização de subproduto de precipitação (Sobrenadante)	Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)					
			Incômodo devido odor desagradável					
			Ingestão acidental de sobrenadante					
			Transferência de patógenos através de um vetor (Ex.: mosca, mosquito, barata e outros)					
8	Secagem	Secagem solar dos cristais de estruvita (recuperação energética de até 85%)	Contato dérmico com a estruvita					
			Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)					
			Incômodo devido odor desagradável					
			Queda do recipiente e/ou filtro					
			Transferência de patógenos através de um vetor (Ex.: mosca, mosquito, barata e outros)					
9	Uso agrícola	Aplicação da estruvita como fertilizante	Contato dérmico com a estruvita					
			Aplicação mecanizada/pulverizada via solo e em cobertura					
			Contato entre as mãos contaminada e a boca					
			Inalação de aerossóis (Contaminado por patógenos, amônia e outros agentes químicos)					
10	Consumo de alimentos	Pós colheita, armazenamento e comercialização dos produtos	Contato dérmico com o alimento contaminado					
			Contato entre as mãos contendo estruvita e a boca					
		Consumo de alimentos fertirrigado com sobrenadante	Ingestão de alimentos fertirrigados com sobrenadante (Contaminados por patógenos, elementos-traço, hormônios e outros fármacos, composto tóxicos derivados do plástico e altos teores de cloreto e nitrato)					
		Consumo de alimentos adubado com estruvita	Ingestão de alimentos adubado com estruvita (Contaminados por patógenos, elementos-traço, hormônios e outros fármacos, cloreto de sódio e composto tóxicos derivados do plástico)					

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

Muitos dos potenciais eventos perigosos identificados nessa pesquisa já foram previamente identificados por outros pesquisadores, como por exemplo: Stenström e outros (2011). Esses autores abordaram a exposição microbiana (agente biológico) e avaliações de saúde associadas às tecnologias e sistemas do saneamento, entre as quais estão algumas das etapas do processo em estudo: coleta segregada de urina utilizando dispositivo seco, estocagem de urina, transporte motorizado e a aplicação da urina na agricultura. No entanto, o presente estudo revelou além dos agentes biológicos previamente identificados, outros potenciais eventos perigosos correlacionados a diferentes agentes: físicos, químicos, acidentais e ergonômicos também associados às tecnologias do saneamento.

Com base nos potenciais eventos perigosos e seus respectivos agentes identificados e listados no Quadro 8, foi possível notar que em todo o processo analisado, o agente físico esteve ausente na maioria das etapas, sendo percebido apenas na utilização de subproduto de precipitação (sobrenadante), durante a coleta de urina bovina e na aplicação da estruvita como fertilizante.

Apesar de não ter sido realizada uma avaliação de risco, algumas recomendações para minimizar os potenciais eventos perigosos são sugeridas abaixo:

- Educação sanitária e boas práticas agropecuárias;
- Assumir um comportamento de higiene, incluindo lavar as mãos;
- Evitar contato direto das mãos desprotegidas com a urina;
- Limpar regularmente os banheiros e os dispositivos de coleta;
- Instalação, manutenção e uso adequado dos mictórios secos;
- Usar os equipamentos de proteção individual (EPIs);
- Ter atenção durante a transferência da urina ao reservatório e/ou durante o preenchimento das bombonas;
- Utilizar apenas bombonas escuras para evitar a fotodegradação da urina;
- Evitar o uso de bombonas plásticas que contenha em sua composição o bisfenol A (composto tóxico);
- Utilizar um carrinho de carga para transportar as bombonas cheias de urina;

- Evitar o levantamento de peso excessivo (mictórios e/ou bombonas). Se for necessário contar com a ajuda de outros colaboradores;
- Evitar esforços repetitivos;
- Manter os currais limpos, evitando o acúmulo de resíduos;
- Contar com o auxílio de profissionais durante o manejo das vacas e durante a coleta da urina;
- Os pontos de coletas de urina devem ser próximos ao local de estocagem;
- Utilizar transporte motorizado apenas para transportar grandes volumes de urina de locais onde os pontos de coletas são distantes dos reservatórios de estocagem (alto custo);
- Evitar a agitação da amostra durante o transporte, pois isso provoca a volatilização da amônia e conseqüentemente a perda do nitrogênio;
- Armazenar as bombonas em local seguro e adequado;
- Vedar bem as bombonas durante a estocagem, a fim de evitar a volatilização da amônia;
- Evitar o uso de reservatórios metálicos, pois estão sujeitos a processos corrosivos;
- Evitar utilizar dispositivos metálicos nos mictórios secos e durante as coletas a fim de evitar a contaminação da urina por elementos-traço;
- Manutenção periódica nos equipamentos;
- Rotulagem de equipamentos, reagentes e bombonas;
- Instalações elétricas adequadas, fios encapados e manutenção;
- Evitar exposição prolongada à radiação ionizante;
- Controle da umidade;
- Evitar durante a secagem da estruvita a exposição solar direta, pois existe o risco da formação de cloreto de sódio;
- Para o consumo de todos os tipos de culturas é recomendado o tempo de estocagem da urina ≥ 6 meses sob 20°C.

5.5 PERCEPÇÃO DE RISCO

5.5.1 Perfil dos entrevistados

Entre os 23 agricultores entrevistados, 18 eram do sexo masculino e 5 do sexo feminino. As idades variaram entre 20 e 64 anos. A escolaridade se mostrou bastante heterogênea, indo do ensino fundamental incompleto até o ensino superior completo. O tempo em que estão na atividade rural varia de 10 a 57 anos, sendo que muitos deles haviam iniciado a atividade desde a infância, podendo ser percebida na frase abaixo:

Nossa, eu trabalho desde que eu me entendo por gente! Eu deveria ter uns sete pra oito anos quando eu comecei a tocar a roça com meus pais. A6

Ao serem questionados quanto sua atuação ser representativa, quase que a totalidade dos entrevistados se consideram representativos. A experiência na atividade agrícola e o conhecimento adquirido, principalmente durante a participação de movimentos sociais do campo⁸, são colocados como os fatores cruciais na representatividade frente aos grupos de base de suas respectivas comunidades.

Por eu participar de movimentos como MPA, permite que eu passe informações aos nossos grupos de base. A1

A gente acaba sendo referência quanto a informações trabalhistas, previdenciárias e outros aspectos. Então, as pessoas sempre recorrem a mim em busca de orientação, opinião. A4

A gente tá sempre presente né, nas ações da comunidade. Eu faço parte da Associação de Produtores Rurais, a gente tá sempre fazendo leve e trás dos produtores. A8

⁸ Expressão de organizações da sociedade civil, identificadas por ações coletivas no meio rural e que tem como horizonte mudanças sociais para o contexto de uma sociedade igualitária e digna ao ser humano e ao meio no qual estão inseridos.

A obtenção da certificação orgânica e o fato de desenvolver alguma função nos grupos de pequenos agricultores foram apontados por alguns como sendo os principais motivos de sua representatividade.

É porque eu represento um grupo de pequenos agricultores né. Faço parte da coordenação e represento esse grupo na instância Estadual. A14

O alcance da certificação orgânica vem despertando o interesse de muitos outros agricultores que buscam produzir alimentos mais saudáveis. No entanto, essa mudança de modalidade agrícola de produção ainda não é bem aceita por muitas comunidades rurais, sobretudo em locais onde a agricultura convencional ainda é predominante, o que geram críticas e em alguns casos, a rejeição dos agricultores certificados, que acabam sendo malvistas.

A gente pela sociedade é malvisto né. Por quem não apoia muito o modelo. A2

Eu sou representante, mas assim, são poucos que gostam da agroecologia. Né? Então, os que são mais aptos aah, eles até me procuram, mas os que são contra né, nem me perguntam nada. Quando eu olho pra geral, eles nem querem nem saber mesmo! Fica você lá naquele negócio e deixa nós aqui.

A12

(...) É bom né? Cê trabaia com o diferente também né, orgânico acho muito importante (...), poucos procuram, outros criticam né? Risos. A16

Um exemplo disso é a presença de ervas nativas nos campos de cultivo agroecológico que é percebida pelo agricultor convencional como sendo um desleixo por parte do agricultor agroecológico, e isso é originário do pacote produtivo da revolução verde e que teve na figura do “Jeca Tatu” a expressão de trabalhador atrasado e que o advento tecnológico iria recolocá-lo no meio contemporâneo.

5.5.2 Análise da categoria: Conhecendo a percepção de risco de agricultores

5.5.2.1 Análise da subcategoria: relação agricultor/meio ambiente

A relação entre o meio ambiente e o padrão de saúde de uma população define um campo de conhecimento denominado de Saúde Ambiental. Segundo a Organização Mundial da Saúde esta relação incorpora todos os elementos e fatores que potencialmente afetam a saúde humana, que vão desde a exposição a substâncias químicas, elementos biológicos ou situações que interferem no estado psíquico do indivíduo, até aqueles relacionados com aspectos negativos do desenvolvimento social e econômico dos países (OPS, 1990).

Outro conceito empregado para estudar a "relação do homem com o ambiente" é a ecologia humana, que inclui tanto fatores de ordem econômica, social, psicológica e aqueles que transcendem da ecologia. A ecologia humana tem objetivos e metodologias mais específicos e que visam entender o comportamento humano sob variáveis ambientais (BEGOSSI,1993).

No que tange a relação entre agricultor/meio ambiente, essa variável foi enxergada como positiva, pois foi identificada nessa população que é composta por indivíduos que culturalmente são iguais, a existência de percepções muito distintas o que não é algo corriqueiro, mas que pode ser explicado pelo fato dos mesmos atuarem em modalidades de produção agrícola diferentes.

Por se tratar de regiões predominantemente rurais, a maioria das atividades estão relacionadas à agricultura. O aumento da procura por produtos agrícolas faz com que haja a necessidade de intensificar a produção de alimentos e os produtores acabam recorrendo, na maioria das vezes, ao uso indiscriminado de insumos sintéticos no intuito de atender à crescente demanda da população. No entanto, esse fato não foi percebido, visto que, entre os principais objetivos almejados pelos agricultores entrevistados, destacaram-se a busca pela sustentabilidade e a qualidade vida, a produção de alimentos mais saudáveis ligados a não utilização de insumos sintéticos.

Ainda, por se tratar de agricultores que ainda atuam em modalidades de produção de alimentos diferentes, foi observada uma preocupação ambiental e uma postura consciente e de uso racional de insumos, principalmente nos casos, onde a modalidade de produção ainda é convencional.

Durante o manejo com substâncias ou produtos autorizados para o uso como fertilizantes agrícola, seja em sistemas orgânicos de produção ou no modelo convencional de agricultura, grande parte dos entrevistados ao serem questionados garantiram tomar alguns cuidados durante o armazenamento e na aplicação dos fertilizantes, conforme pode ser observado nas frases abaixo:

No armazenamento eu procuro colocar eles em latões de plásticos, bem tampado e separado no paiol (...). A4

Os cuidados com armazenamento é proteger o fertilizante da luz solar e o cuidado com crianças. A5

A gente guarda em locais separados, a gente armazena em tuias⁹, por mais que seja orgânico não pode ficar exposto ao sol. A8

Quanto à aplicação dos fertilizantes sintéticos e/ou biofertilizantes, todos os entrevistados afirmaram que a aplicação ocorre de forma manual, devido a questões financeiras e geográfica, uma vez que a região de Domingos Martins está inserida numa região montanhosa, o que impede as operações mecanizadas.

Alguns dos entrevistados expressaram a necessidade de tomar determinados cuidados ao manipular e/ou aplicar os fertilizantes. Entre os principais relatos, estão:

- I. A necessidade de se utilizar os equipamentos de proteção individuais (EPIs);
- II. Considerar o período ideal de aplicação, que geralmente ocorrem pelas manhãs para evitar a exposição ao sol;
- III. A importância de seguir as recomendações técnicas quanto as dosagens, que variam de acordo com a necessidade de cada cultura;
- IV. A necessidade de realizar análises no solo;

⁹ As palavras “tuia”, “tulha”, “paiol”, “barraca” e “galpão” são empregadas pelos agricultores para definir o local onde os mesmos armazenam seus insumos agrícolas. Geralmente, esses locais são secos e protegidos contra a ação do tempo (luz solar, umidade e vento), de entrada de animais e principalmente de crianças.

- V. A não aplicação dos fertilizantes próximos aos recursos hídricos, fazendo referência ao risco de lixiviação seguido de eutrofização.

No entanto, não existe concordância entre os entrevistados quanto aos cuidados que devem ser tomados com relação à aplicação dos fertilizantes, pois para alguns agricultores certificados e/ou em processo de obtenção da certificação, a não utilização dos EPIs não oferecem riscos para a saúde, uma vez que, os mesmos acreditam que pelo fato dos biofertilizantes serem fabricados a partir de produtos naturais, os mesmos não afetam o meio ambiente e tão pouco a saúde. Um agricultor expressa isso na frase abaixo:

Os biofertilizantes não são nocivos, assim não utilizamos EPIs durante a aplicação. A6

Já os pertencentes ao modelo de agricultura convencional com uso racional de insumos responderam, em sua maioria, não utilizar quaisquer equipamentos de proteção, e que manuseiam os mesmos com as mãos desprotegidas. Tal ato negligenciado por alguns e assumido por outros entrevistados, que se expõem aos riscos de desencadear reações alérgicas devido ao contato direto e a problemas respiratórios diante da possível inalação do produto, além de desenvolver quadros de intoxicação exógena.

A gente joga sem conhecimento, com a mão. Aprendi sozinho, sem indicação de agrônomo. A4

A conscientização e/ou alerta de um indivíduo sobre uma possível ameaça e sua vulnerabilidade ao dano, é capaz de promover mudanças comportamentais nesse indivíduo, de modo a contribuir para o aumento da sua percepção de risco e no incentivo a tomada de ações que visem à prevenção de danos potenciais ao meio ambiente e à própria saúde (SHEERAN; HARRIS; EPTON, 2013).

Desta forma, observou-se que muitos agricultores são, de maneira geral, alertados sobre os riscos associados à aplicação dos fertilizantes e sobretudo com os cuidados que devem ser tomados. Assim, foi possível perceber que alguns entrevistados compreendem os perigos que os fertilizantes representam ao meio ambiente e a saúde humana, embora muitas vezes os riscos não sejam percebidos de imediato (FONSECA et al., 2007).

Bom, mesmo depois de ser formulado o biofertilizante eu acredito que tem risco sim, até os fertilizantes orgânicos existe o risco de intoxicação, pois eles sempre pedem pra gente usar EPIs. A3

No entanto, foi observado também que todos os agricultores que assumiram não utilizar os EPIs, afirmaram também nunca terem sido alertados sobre os riscos associados ao manejo dos fertilizantes, o que evidencia a falta de conhecimento. Outro possível motivo da não utilização dos equipamentos de proteção pode estar relacionado ao incômodo provocado diante da falta de hábito.

Ainda, ao serem questionados, a maioria dos entrevistados disseram ter aprendido a manusear os fertilizantes lendo os rótulos das embalagens, através de livros e cartilhas disponibilizadas por lideranças do Movimento de pequenos agricultores (MPA), e em palestras e cursos (dias de campo e pelo método camponês a camponês), promovidos por técnicos da Associação e da Cooperativa ligados ao MPA e do INCAPER, além de engenheiros agrônomos da Prefeitura Municipal de Domingos Martins, do Instituto Chão Vivo (ICV)¹⁰ e da Organização de Controles Sociais (OCS)¹¹.

A própria vivência dos trabalhadores e o conhecimento transmitido de pai para filho é também apontada, diversas vezes, como uma importante fonte de aprendizado sobre o manejo dos fertilizantes.

Eu fui acompanhando pela família, pelos meus pais. Eu tive orientação de como pulverizar alto, pulverizar baixo, sobre as medidas. A12

5.5.2.2 Análise da subcategoria: riscos ao uso da urina como insumo para produção de fertilizante

O uso direto da urina como fertilizante para a produção de alimentos é considerado alternativo, principalmente quando os fertilizantes químicos são dotados de alto custo. No entanto, existem muitas barreiras ao uso da mesma

¹⁰ É uma certificadora por auditoria.

¹¹ Formado apenas por produtores que tenham interesse pela venda direta ou institucional de produtos orgânicos (BRASIL, 2016).

em sistemas de produção agrícola, ainda mais quando a rotulagem para a produção orgânica é usada (RICHERT et al., 2011).

No Brasil, a instrução normativa nº 17, de 18 de junho de 2014 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, em seu Anexo V, mostra que mesmo em condições adicionais para substâncias e produtos obtidos de sistemas de produção não-orgânica, o uso de excrementos humanos é proibido. No entanto, o mesmo não ocorre com o excremento de animais, compostos e biofertilizantes obtidos de componentes de origem animal (BRASIL, 2014), conforme pode ser visto no Quadro 9.

Quadro 9 - Substâncias e produtos autorizados para o uso como fertilizantes e corretivos em sistemas orgânicos de produção

Substâncias e produtos	Restrições, descrição, requisitos de composição e condições de uso	
	Condições gerais	Condições adicionais para as substâncias e produtos obtidos de sistemas de produção não-orgânicos
3. Excrementos, de animais, compostos e biofertilizantes obtidos de componentes de origem animal	Permitidos desde que composta dos e bioestabilizados; proibido aplicação nas partes aéreas comestíveis quando utilizado como adubação de cobertura; permitidos desde que seu uso e manejo não causem danos à saúde e ao meio ambiente. Quando não compostados, aplicar com pelo menos 60 (sessenta) dias de antecedência da colheita em caso de culturas que possuam partes comestíveis em contato com o solo.	O produto oriundo de sistemas de criação com o uso intensivo de produtos veterinários e alimentos proibidos pela legislação de orgânicos só será permitido quando na região não existir alternativa disponível. Permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS. As análises de risco que indicarem a necessidade de verificação dos contaminantes constantes do Anexo VI desta Instrução Normativa devem levar em consideração o estabelecimento ou propriedade de origem do insumo, não sendo obrigatórias por partida.
9. Excrementos humanos e de animais carnívoros domésticos	Não aplicado a cultivos para consumo humano; bioestabilizado; não aplicado em adubação de cobertura na superfície do solo e parte aérea das plantas; permitido somente com a autorização do OAC ou da OCS.	Uso proibido.

Fonte: Adaptado da instrução normativa, nº17 de junho de 2014/MAPA, (BRASIL, 2014).

O uso direto das excretas humanas como fertilizante na agricultura é considerado pelos autores Lind, Ban e Bydén (2000) como sendo problemático e controverso. A falta de clareza sobre os regulamentos existentes quanto a dispersão da urina e as questões envolvendo sua qualidade higiênica, tornam as incertezas ainda mais duvidosas e problemáticas. Por exemplo, as recomendações suecas são bastante utilizadas, mesmo sendo apenas diretrizes, porém sua interpretação muitas vezes pode gerar confusões ou suposições subjetivas (WALLIN, 2002).

No sudeste da Ásia, especificamente no Vietnã, o uso da urina na agricultura é uma prática comum, mas ao mesmo tempo, é um fator de risco no aumento de doenças infecciosas. Contudo, os agricultores percebem os riscos e os benefícios para a saúde com aplicação agrícola da urina (JENSEN et al., 2008).

Na verdade, eu já ouvi falar que a urina, que pra muita gente que acha que ela é suja, na verdade ela é mais limpa do que a água no caso né (...) não sei se é verdade né, mas que ela é mais filtrada né. E tem muita gente que acha que ela, no caso até, podia tomar que não faz mal; entendeu? A4

Durante as entrevistas, quando questionados se os mesmos acreditavam ser possível produzir um fertilizante agrícola usando a sua própria urina, apesar de alguns terem declarado não ser possível pelo fato de não saber responder por não ter conhecimento ou nunca terem ouvido e/ou visto nenhum fertilizante derivado da urina humana, a maioria dos entrevistados acreditam ser possível diante da utilização da urina de vaca, onde muitos acabam assemelhando a urina humana com a animal, conforme frases abaixo:

Acredito. Não, igual eu já falei, eu já cheguei a usar a urina de vaca nas coisas e eu vi que dava resultado né. Então, acho que é muito semelhante, assim né as urinas. A7

Acho que sim né. Porque a urina elaa, se pegando da vaca, da pessoa deve ser a mesma coisa né? A10

Outros entrevistados alegaram acreditar ser possível diante dos avanços tecnológicos e pesquisas.

Já tem pesquisa disso né. Teve da urina da vaca né. Pra adubos naturais, fertilizantes naturais, orgânicos já trabalham com isso. A9

A gente fala que não, mas hoje se inventa tudo. A14

No entanto, entre as percepções obtidas, algumas chamaram bastante atenção, pois entre os entrevistados, uma pequena parcela afirmou acreditar ser possível diante da existência da urinoterapia, técnica da medicina alternativa que propõe o tratamento de doenças usando a urina para fins medicinais.

Porque meu marido toma urina, então devido as suas propriedades ter efeito curativo nos humanos, eu acredito que possa ser também nos vegetais. A5

Porque eu já ouvi casos da pessoa tomar a própria urina pra problema de estômago e resolveu né. E se a de vaca também faz efeito, acredito que sim.

A13

Eu acho saudável, porque eu já tomei pra regular meus hormônios, tireoide e é claro que devemos saber o que tem nela. A17

Quando questionados se um fertilizante produzido a partir da urina, seja ela humana ou animal, possa ocasionar algum problema de saúde ao aplicar e/ou consumir algum alimento adubado com o mesmo, várias foram às percepções de riscos identificadas, no entanto, poucos foram os relatos onde agricultores afirmaram ter receio e acreditar que urina apresenta sim riscos à saúde, conforme relatos abaixo:

Se utilizar a urina em excesso sim, tem que haver um equilíbrio. A7

Porque hoje tem várias doenças, e essas doenças sejam transmitidas dessa urina para a plantação. A11

Tem as pesquisas científicas que vão falar que não vai fazer mal, tem uma forma técnica né. O agrotóxico a gente sabe que faz mal e a Anvisa fala que não faz né. Então acho que a urina, teria mais muito baixo, o nível de toxicação seria muito baixo eu acredito. A12

Tendo alguns riscos, não deve ser muito apropriado, principalmente em plantas que vêm a ser consumidas em horas. Penso em contaminações por bactérias.

A13

A estocagem é a principal forma de tratamento da urina para se reduzir os riscos biológicos durante sua utilização, conforme já apresentado (ZANCHETA, 2007). Assim, um agricultor sem conhecer o objetivo da estocagem e as reações que ocorrem com a urina durante esse processo, mencionou utilizar o tratamento em sua propriedade e atribuiu tal fato ao não risco à saúde diante do uso na agricultura.

Eu acho que não, por que a gente deixa ela curtindo um certo tempo, a do animal né, e depois daquele período elaaa, parece que ela sei lá, ela se transforma em uma outra coisa, fica um cheiro forte, cheiro muda, muda pra caramba, muda muito, e você aplica. Você não aplica e tira a verdura na mesma hora ou consume né. Depois que vem a irrigação então, já sai aquilo lá. Então, eu acho que não tem problema não, depois que passa pelo processo, que tem aqueles dias que deixa. A22

Houve casos, onde alguns agricultores não souberam respondera pergunta, pois julgaram não ter um conhecimento aprofundado no assunto. No entanto, com base no conceito de percepção já apresentado, notou-se que as informações que os agricultores detêm de fato passam pela averiguação da sua experiência de vida e por ela são transformadas em percepções (FONSECA et al., 2007).

5.5.3 Análise da categoria: Avaliando a aceitabilidade de agricultores

Considerando o proposto pela pesquisa, a mesma apresenta dois pressupostos: o primeiro referente a não aceitação dos agricultores em utilizar a estruvita como fertilizante agrícola, uma vez que essa prática não é bem difundida no estado do Espírito Santo, principalmente na área de abrangência do estudo. O segundo pressuposto existente é o de aceitação, visto que estudos já realizados em países como a Suécia e a Alemanha evidenciaram o interesse dos agricultores entrevistados em substituir os fertilizantes minerais convencionais por estruvita derivada de urina na agricultura (LIENERT et al., 2003; MAAß; GRUNDMANN; POLACH, 2014).

5.5.3.1 Análise da subcategoria: aceitabilidade de uso da estruvita derivada de urina humana e animal

A precipitação química da estruvita tem despertando o interesse e recebido muita atenção devido à simplicidade, rapidez e confiabilidade da técnica na remoção e recuperação de nitrogênio de diferentes efluentes do saneamento (RONTELTAP; MAURER; GUJER, 2007b; YETILMEZSOY; SAPCI-ZENGIN, 2009; RONTELTAP et al., 2010; ETTER et al., 2011; KEMACHEEVAKUL et al., 2014; BISCHHEL et al., 2015; KUMAR; PAL, 2015; KATAKI et al., 2016; YETILMEZSOY et al., 2017). Assim, a técnica é uma alternativa atraente para a valorização de resíduos do saneamento (MPOUNTAS; PAPADAKIS; KOUTSOUKOS, 2017) e conseqüentemente por fornecer um produto de valor de agregado (KUMAR et al., 2013).

No entanto, existem lugares onde essa prática não é bem difundida como na área de abrangência desse estudo, e logo, existem pessoas que nunca tenham escutado a palavra estruvita. Assim, com o intuito de verificar o conhecimento e a percepção dos agricultores a respeito da estruvita, foram perguntados aos mesmos: o que lhe vem em mente ao ouvir a palavra “estruvita”?

Quase que a totalidade dos entrevistados afirmou nunca ter ouvido essa palavra e tão pouco conhecer seu significado. No entanto, mesmo sem saber, muitos dos entrevistados arriscaram em associar a palavra estruvita ao estrume, a algo que traz a vida, a adubação foliar, a matéria orgânica, a extrato de produtos naturais ou até mesmo algo que possa ser reutilizado ou aproveitado. Algumas dessas associações podem ser percebidas nas frases abaixo:

Primeira vez que eu ouvi hoje, (...) merda também é vida. A1

Nunca ouvi, mas pelas iniciais deve ter alguma relação ao estrume. A15

(...) Estru = estrume e vita = vida. A19

Houve também uma pequena parcela dos entrevistados que resolveram nem tentar adivinhar o significado da palavra estruvita, e atribuíram à falta de conhecimento como sendo o principal fator limitante.

Não conheço. Penso em nada por não ter conhecimento. A2

Não ouvi e não conheço. Não vem nada em mente que eu possa relacionar. A6

Apenas dois dos entrevistados chegaram mais perto do verdadeiro significado da palavra estruvita, um afirmando nunca ter escutado, alegou ser um mineral ou alguma coisa com nutrientes. O outro, sendo o único entre os entrevistados a afirmar já ter conhecimento sobre a estruvita, respondeu ser o “pó de urina”.

Após serem evidenciados o valor das águas residuárias como recurso utilizável, a recuperação de nutrientes vem se tornando tendência diante da escassez das reservas fosfáticas e do grande dispêndio de energia para produção de fertilizantes industriais nitrogenados (ETTER et al., 2011; LEDESMA, 2014).

Desta forma, grande foram os feitos realizados por pesquisadores com o intuito de recuperar e reutilizar os nutrientes do saneamento, entre as principais destacam-se: efluentes de suinocultura (LI et al., 2017; XIAO et al., 2018); lixiviado de aterro sanitário (KUMAR; PAL, 2015), da urina de vaca (PRABHU; MUTNURI, 2014); lodo de esgoto (ZHANG et al., 2014; VOGEL; NELLES; EICHER-LÖBERMANN, 2015); urina humana (LANDRY; BOYER, 2016; IGOS et al., 2017; ZAMORA et al., 2017; XU et al., 2018; HASHEMI; HAN, 2018; WANG et al., 2018), efluentes industriais de biorrefinarias (NANCHARAIH; MOHAN; LENS, 2016), matadouros (JENSEN et al., 2014), de indústrias de processamento de batatas (MONBALLIU et al., 2018), da agroindústria (TADDEO et al., 2018) e da produção de fermento (WU et al., 2014) e entre outras.

Quando questionados se estariam dispostos (a) a produzir seus próprios fertilizantes, todos os entrevistados afirmaram estarem dispostos, inclusive muitos relataram já produzir seus próprios biofertilizantes para a produção orgânica. Entre eles, foram citados: o esterco de vacas e aves curtido por 90 dias, o uso de palha do café, a urina de vaca entre outros utilizados somente com a autorização da OCS.

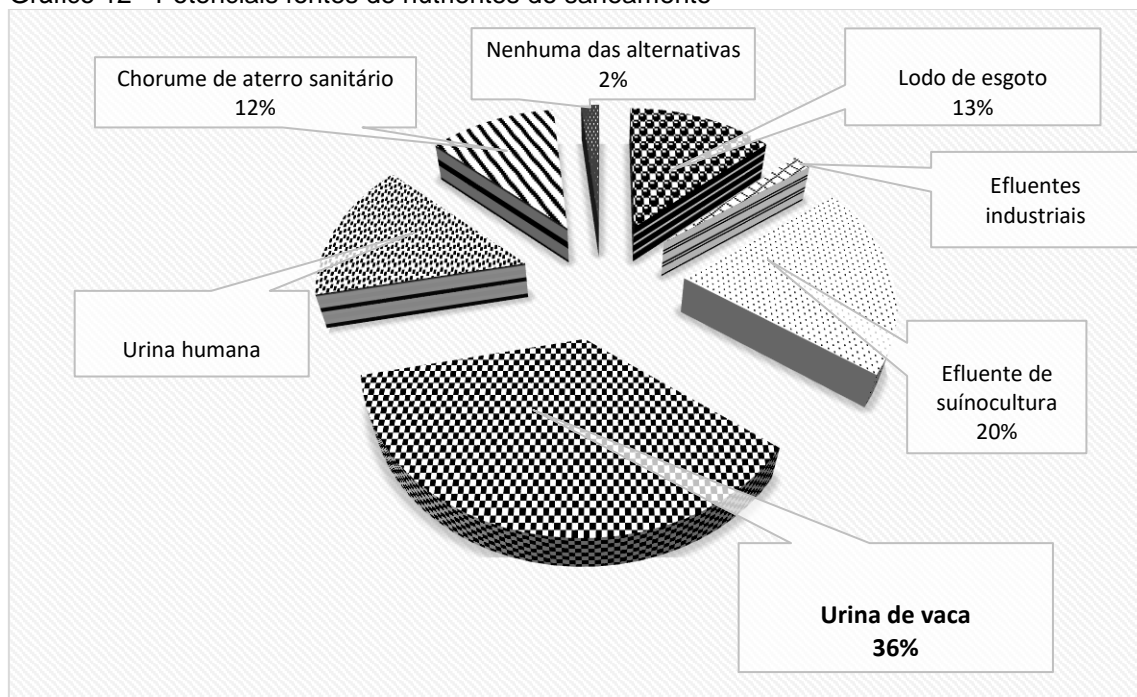
A instrução normativa nº 17, de 18 de junho de 2014/MAPA (BRASIL, 2014), em seu Anexo V, mostra exatamente a relação das substâncias e produtos autorizados para uso como fertilizantes e corretivos em sistemas orgânicos de produção, bem como suas restrições, descrição, requisitos de composição e condições de uso.

Durante as entrevistas, poucos agricultores relataram não produzir nenhum biofertilizante, pois os mesmos são disponibilizados aos agricultores por meio de uma produção centralizada, visto que, o custo com mão de obra e o tempo gasto para produzir individualmente os biofertilizantes se torna elevado e conseqüentemente inviabilizando a produção. Assim, o trabalho cooperado se faz necessário, pois os biofertilizantes são produzidos em maiores quantidades e posteriormente são divididos entre os agricultores pertencentes ao grupo.

Entre os biofertilizantes mais produzidos e respectivamente mais utilizados pelos agricultores entrevistados, estão o a base de *Bacillus subtilis* e o de *Lactobacillus*, ambos capazes de resolver problemas comuns aos cultivos como o baixo crescimento. Já os biocontroladores utilizados no controle de pragas são comercializados pela Cooperativa Mista de Produção e Comercialização Camponesa do Estado do Espírito Santo (APAGEES).

Diante do interesse eminente em produzir seus próprios fertilizantes, foram apresentados aos entrevistados seis potenciais fontes do saneamento passíveis de recuperação de nutrientes. O intuito foi identificar quais das alternativas apresentadas, os mesmos usariam na produção do seu próprio fertilizante. Os resultados estão expressos no Gráfico 12.

Gráfico 12 - Potenciais fontes de nutrientes do saneamento



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

O efluente de suinocultura (20%) e a urina humana (15%) atualmente são as fontes mais utilizadas na produção de fertilizantes (JÖNSSON et al., 1997; JOHANSSON, 2000).

No entanto, a urina de vaca correspondeu a (36%) da preferência dos entrevistados sendo a primeira opção apontada entre as alternativas. Considerada com uma excelente alternativa agroecológica capaz de reduzir a dependência dos fertilizantes industriais pelos produtores rurais (GADELHA; CELESTINO; SHIMOYA, 2002), a urina de vaca já é bastante utilizada como matéria-prima na produção de biofertilizantes, inclusive foi apontada por alguns dos entrevistados conforme já mostrado, o que explica a ótima aceitação.

Apesar de algumas pessoas terem afirmado utilizar o chorume de aterro sanitário (12%) na produção de fertilizantes, parte desses entrevistados alegaram não ter o chorume nas proximidades o que dificultaria e inviabilizaria a produção. Outra questão ressaltada por alguns quanto a utilização do chorume é que a utilização só seria possível apenas na condição de saber a composição dos resíduos do aterro sanitário.

Chorume? Dependendo do lixo sim. A16

Quando questionados sobre quais das alternativas os mesmos não usariam de forma alguma para produzir seu próprio fertilizante, os índices de rejeição foram de (52%) para os efluentes industriais, (12%) lodo de esgoto e (12%) Chorume de aterro sanitário. Os motivos alegados foram em relação à toxicidade dos efluentes industriais, onde muitos acreditam ter compostos químicos; a contaminação da água devido aos lançamentos de esgoto contribuiu para a rejeição do lodo de esgoto, e por não conhecer a procedência do lixo o chorume ou lixiviado de aterro sanitário também foi recusado.

Tudo da indústria né, sei lá é meio suspeito. A2

Efluentes industriais já vem com tudo que não presta junto. A3

Porque tem muita química que vai para o esgoto. A10

Chorume não. Estado físico do material complicado. A18

Chorume porque é o que eu tenho menos conhecimento de que venha ser o composto dele. A19

A gente ouve tanto dizer sobre a contaminação da água por esgoto que a gente fica cismado, sem saber se faz mal mesmo. A20

Outra importante justificativa dada para a rejeição das fontes citadas acima é o fato de os mesmos acreditarem não ser autorizada para uso na agricultura orgânica.

O uso, o entendimento, a aceitação das pessoas com relação as potenciais fontes de nutrientes provenientes do saneamento têm representado um grande desafio, e apesar de as mesmas apresentarem inúmeras vantagens, a implantação de sistemas que visam a recuperação e a utilização dessas matrizes do saneamento vem enfrentando vários desafios, principalmente no âmbito social e cultural (ROSENQUIST, 2005; NAWAB et al., 2006).

Ainda, Nawab e outros (2006) ressaltam que entre os principais desafios, a repulsa ou nojo pelas excretas e os riscos à saúde humana provocado pelo reuso são os principais fatores que levam o homem a evitar quaisquer técnica proveniente do saneamento sustentável.

5.5.3.2 Análise da subcategoria: adesão às novas tecnologias

Muitos projetos de desenvolvimento e de transferência tecnológica não levam em conta as possíveis ligações existentes entre o saneamento e o desenvolvimento econômico (PRONK; KONÉ, 2009).

De acordo com Phuc e outros (2006), implementando esta tecnologia em países em desenvolvimento, onde provalmente, são os mais afetados pelo aumento na demanda e preços dos fertilizantes comerciais, são os mais propensos aceitar o uso de um fertilizante produzido a partir da urina, uma vez que a mesma contém um alto valor nutricional e econômico. No entanto, sua unidade de processamento deve ser projetada para ser operada como um negócio sustentável, seja ela um organização pública ou privada.

As etapas desenvolvidas pelo Saneamento Sustentável foram abordadas por inúmeros estudos realizados que se iniciaram em meados da década de 90, com particular interesse em tecnologias de remoção e recuperação de nutrientes da urina humana (ANTONINI et al., 2012). O principal intuito do gerenciamento sustentável da urina é recuperar e aumentar a concentração de nutrientes; remover os micropoluentes e diminuir os riscos; evitar a volatilização da amônia; promover a higienização da urina; apontar a viabilidade econômica e orientá-la em direção ao mercado (PRONK; KONÉ, 2009).

Para a implementação bem sucedida de um sistema voltado às práticas do saneamento sustentável, uma compreensão detalhada de todos os componentes do processo são necessários, assim como, considerar os componentes sociais e naturais (ADC, 2004). O envolvimento das partes interessadas durante o planejamento e decisões de qualquer processo de fabricação devem ter a participação dos usuários, pois é através dessa participação que ocorre a transferência da informação e conseqüentemente o aumento da conscientização (WERNER et al., 2003b).

A fim de conhecer ainda mais a aceitabilidade dos agricultores entrevistados, foi perguntado aos mesmos se eles instalariam em seus banheiros, um mictório seco (tecnologia do saneamento sustentável) para uso e posteriormente coletar sua própria urina e de seus familiares separadamente das fezes.

Entre as respostas registradas, a grande maioria respondeu que instalaria sim, porém com algumas ressalvas. Por exemplo, se tivessem a oportunidade de ver o funcionamento do dispositivo de coleta, se não exalasse odor desagradável e principalmente se tivesse algum benefício econômico.

Eu instalaria se fosse me beneficiar né, fazer meus próprios insumos ou fertilizantes, com certeza. A16

Olha, só se eu vesse que a urina fosse muito viável pra mim mesmo, caso contrário não. A18

O mesmo resultado foi obtido por Jensen e outros (2008), que ao aplicar um questionário estruturado a 471 agregados familiares em cinco comunidades rurais puderam perceber que durante as entrevistas os participantes associavam o uso de excrementos humanos a grande benefícios econômicos.

Ao final da aplicação do questionário, foi perguntado aos participantes dessa pesquisa se os mesmos tinham interesse em participar de uma oficina que lhes ensinasse a produzir seu próprio fertilizante (estruvita) a partir da urina. Apenas um dos entrevistados respondeu não estar interessado. Já os demais, demonstraram entusiasmados e motivados pela curiosidade, o interesse em participar. Entre os principais motivos estão: aprender a produzir seu próprio fertilizante e conseqüentemente ter bons resultados; adquirir conhecimento e transmitir aos demais agricultores; preocupação ambiental; a relação custo/benefício; obter lucro; tentar diminuir os custos na produção atual e reduzir a dependência por insumos sintéticos comerciais, conforme é mostrado nas frases abaixo:

É por que aah, eu no momento tô usando fertilizante né. Eu acho que ia baratear custo é eu acho que benefícios pra saúde, por que essa adubo químico que a gente tava usando aí, eu não sei o que pode acontecer. A2

Conhecimento. Eee eu posso conhecer e tá levando pra outras pessoas, as informações. Compartilhar as informações. A3

Era bom né. Porque é aprender as coisas referentes que a a gente precisava ter na agricultura, que não tem ninguém que orienta a gente, pelo menos no nosso município tá fraco, só entendem de política hahaha. A6

Precisar comprar menos das grandes indústrias. Porque se tiram tanto da natureza é a gente tá pagando um preço por isso, como tá vendo lá em Brumadinho. A9

Gostaria muito. Porque é algo que a gente pode fazer em casa e todo mundo tem esse déficit de insumos né, de nutrição do solo, isso seria algo a mais que a gente poderia tá aproveitando na nossa propriedade né. A12

A gente sempre está aberto ao novo! A gente não estaria dependendo do mercado, podendo reciclar e aproveitar algo que seria descartado por falta de conhecimento. A15

Aprender mais pra botar em prática. A17

Eu acho que o que mais me motiva mesmo é para o uso de fertilizantes, eee industrializados e até mesmo pra questão da saúde da gente mesmo. Quando você muito essas coisa, acaba o que você hoje economiza, vai gastar o dobro amanhã. A23

O custo inicial elevado na implantação do sistema, a falta de aceitação e de consciência ambiental devido à falta de conhecimento das pessoas e o pouco desenvolvimento de pesquisas na área, são apontadas por Martins (2016) como sendo as principais desvantagens para não se reutilizar a urina na agricultura.

Portanto, a quebra de barreiras à aceitação dos resíduos do saneamento como recursos utilizáveis inclui além da realização de avaliações de risco, a realização de abordagens, de forma abrangente, sobre as preocupações existentes com relação à saúde humana (BISCHEL et al., 2015). Assim, recomenda-se que sejam oferecidos aos agricultores, todo o suporte técnico necessário, para que os mesmos possam implementar o uso das metodologias de determinação aqui propostas.

Diante dos resultados apresentados nas três etapas metodológicas dentro de uma abordagem quali-quantitativa, percebe-se que apesar das diversas interfaces, a pesquisa não é composta por etapas isoladas, pois elas se justificam diante da integralidade entre o teórico e o analítico.

Portanto, para garantir a qualidade higiênica, a segurança no uso agrícola e a viabilidade de produção da estruvita derivada de urina, foi necessário realizar o

controle de qualidade por meio de uma caracterização quali-quantitativa das amostras de urina e estruvita, a fim de evitar riscos associados à saúde humana e nas contaminações ambientais.

No entanto, o controle de qualidade não é o suficiente para evitar problemas de saúde, pois todo processo de produção pode oferecer riscos à saúde humana. Assim, a identificação de potenciais perigos e eventos perigos existentes nas diferentes etapas de produção da estruvita foi necessária para ampliar a visão do conhecimento e auxiliar tomadores de decisões, durante a implementação do processo, a identificar os perigos existentes e assim minimizar outros riscos.

Por fim, o estudo da percepção e aceitação dos agricultores quanto à utilização agrícola da estruvita ocorreu diante da existência do risco de não aceitação do produto, pois não seria viável produzir e tentar comercializar a estruvita sem a aceitação dos agricultores.

6 CONCLUSÃO

Com relação à caracterização quantitativa da urina humana:

1. De maneira geral, a variabilidade do volume médio excretado entre homens e mulheres indica que as aparentes diferenças entre os volumes médios não devem ser estatisticamente significantes. Com relação ao peso corporal, conclui-se que não há uma relação direta entre o peso e o volume médio, onde não se pode afirmar que pesos menores estejam associados a volumes inferiores.
2. Com relação à aceitabilidade dos mictórios secos, conclui-se que houve aceitação dos mictórios secos instalados, não havendo uma distinção entre a aceitação de homens e mulheres, e não sendo necessário um direcionamento separado para ambos os sexos.

Com relação à caracterização qualitativa da urina humana e bovina:

1. As concentrações de nutrientes das amostras de urina masculina, feminina e bovina foram variáveis, mas ambas apresentaram quantidades adequadas para utilização como fertilizante agrícola.
2. O processo de estocagem das amostras de urina mostra-se um método de higienização de baixo custo e bastante eficiente no processo de estabilização físico-química, favoráveis à formação da estruvita e na redução de microrganismos patogênicos presentes na urina. Contudo, os resultados obtidos mostraram que na urina feminina houve baixo decaimento bacteriano, estando os coliformes presentes até o trigésimo dia de estocagem. Desta forma, conclui-se que o tempo de 30 dias de estocagem não é suficiente para garantir a utilização da urina humana na agricultura de forma segura.
3. Constatou-se que das amostras de urina analisadas, apenas a urina masculina apresentou dados quantificados de fármacos, sendo esses:

norfloxacin (0,03 µg/mL); prednisolona (0,53 µg/mL) e o diclofenaco de sódio (0,10 µg/mL). Porém, esses valores quantificados, ainda que em concentrações baixas, não impossibilita o uso da urina masculina na produção de estruvita e/ou uso agrícola.

4. Conclui-se com base na concentração de elementos-traço detectados e quantificados no ICP-MS, que os mesmos se encontram abaixo dos limites máximos de elementos-traço admitidos nos fertilizantes minerais, estabelecidos por lei.
5. Conclui-se que por mais que a urina, seja ela humana ou animal, apresente concentrações de fármacos, elementos-traço e patógenos, esses fatores não impossibilitam seu uso na atividade agrícola, desde que sejam aplicados aos métodos de tratamento adequados para evitar a propagação de doenças.

Com relação à identificação de potenciais perigos e eventos perigosos:

1. A identificação, junto à equipe multidisciplinar, dos potenciais perigos e eventos perigosos nas diferentes etapas do processo permitiu ampliar a visão do conhecimento e obter resultados de qualidade.
2. A elaboração do formulário teve como intuito, permitir que o mesmo seja utilizado como uma ferramenta de avaliação de risco. E assim, realizada a análise por avaliador de risco, que seus resultados sejam disponibilizados e que auxiliem tomadores de decisões, durante a implementação do processo de produção da estruvita, a tomar suas decisões.

Com relação a conhecer a percepção e a aceitabilidade da população em estudo diante da proposta de produção de estruvita:

1. Seria inviável tentar comercializar a estruvita sem o estudo de percepção e aceitabilidade. Por isso é importante o diálogo e reforça a relevância à pesquisa;

2. Foi possível notar que os agricultores compreendem os perigos, embora muitas vezes os riscos não sejam percebidos de imediato;
3. Diante da ótima aceitação da urina de vaca, a produção de estruvita a partir dessa fonte seria bem comercializada no mercado;
4. Apesar de a urina humana não ser a primeira opção de uso dos agricultores, a mesma não está entre as alternativas mais rejeitadas.
5. A aceitação dos agricultores pelos dispositivos secos e a estruvita foram satisfatórios, o que evidencia o interesse eminente por novas tecnologias. No entanto, essa aceitação está atrelada aos benefícios econômicos e a redução dos impactos ambientais negativos.
6. Embora a legislação brasileira, sobretudo voltada às práticas de agricultura orgânica, não objete especificamente o uso da urina humana como fonte de nutrientes, essa dissertação teve como intuito fornecer subsídios técnicos que enriqueçam a discussão sobre a utilização de forma segura, de potenciais fontes do saneamento ricas em nutrientes na agricultura, assim como vêm ocorrendo em outros países a várias décadas, de modo a fortalecer a agricultura familiar e a agricultura orgânica no estado do Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

ABEL-DENEE, M.; ABBOTT, T.; ESKICIOGLU, C. Using mass struvite precipitation to remove recalcitrant nutrients and micropollutants from anaerobic digestion dewatering centrate. **Water Research**, v.1, n.132, p.292-300, 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT ISO/IEC Guia 73: Gestão de risco - vocabulário – recomendações para uso de normas**. 1. Ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos - princípios e diretrizes (Tech. Rep.)**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ACKERMAN, J. N.; ZVOMUYA, F.; CICEK, N.; FLATEN, D. Evaluation of manure-derived struvite as a phosphorus source for canola. **Canadian Journal of Plant Science**, v.93, p.419-424, 2013.

ADAMSSON, M. **Treatment of domestic wastewater by Aquaculture**. 1999. 106 f. Thesis (Doctoral) - Department of Applied Environmental Science, Göteborg University, 1999.

ADAMSSON, M.; BAN, Z.; DAVE, G. Sustainable utilization of human urine in urban areas – practical experiences. In: 2nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL SANITATION, Lübeck, Germany, 2003, p. 643-650.

ADC. Austrian Development Cooperation. **Ecological Sanitation-a sustainable approach to the future**. Vienna (Austria): ADC, 2004. 12p.

ALBOLD, A. Urine separation in mountainous regions. In: PROCEEDING OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON ON-SITE WASTEWATER SOLUTIONS FOR REMOTE AREAS. Institut für Umwelttechnik, Leopold-Frazens Universität, Innsbruck, Austria, p.49-52, 2002.

ALENCAR, T. A. S. de; TAVARES, A. T.; CHAVES, P. P. N.; FERREIRA, T. A.; NASCIMENTO, I. R. do. Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.3, p.53-67, 2012.

ALLIBONE, J.; FATEMIAN, E.; WALKER, P. Determination of mercury in potable water by ICP-MS using gold as a stabilising agent. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v.14, p.235-239, 1999.

ALMEIDA, M. C.; BUTLER, D.; FRIEDLER, E. At-source domestic wastewater quality. **Urban Water**, v.1, n.1, p.49-55, 1999.

ALMEIDA, V. V. de.; BONAFÉ, E. G.; STEVANATO, F. B.; SOUZA, N. E. de.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. Experimentação no ensino de química: Catalisando a hidrólise da ureia em urina. **Química nova na escola**, p. 42-46, 2008.

ALTINBAS, M.; YANGIN, C.; OZTURK, I. Struvite precipitation from anaerobically treated municipal and landfill wastewaters. **Water Science and Technology**, v.46, n.9, p.271-278, 2002.

- ANDRADE, de R. M. T.; MICCOLIS, A. Diagnóstico de Percepção de Risco Ambiental e Mudança Climática no Núcleo Rural da Microbacia do Córrego do Urubu. In: VI ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, Belém, Pará, 2012. 16p.
- ANDRADES, T. O. de; GANIMI, R. N. Revolução verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**, v.21, p.43-56, 2007.
- ANTONINI, S.; NGUYEN, P. T.; ARNOLD, U.; EICHERT, T.; CLEMENS, J. Solar thermal evaporation of human urine for nitrogen and phosphorus recovery in Vietnam. **Science of the Total Environment**, v.414, p.592-599, 2012.
- ANTONINI, S.; PARIS, S.; EICHERT, T.; CLEMENS, J. Nitrogen and phosphorus recovery from human urine by struvite precipitation and air stripping in Vietnam. **Clean – Soil, Air, Water**, v.39, n.12, p. 1099-1104, 2011.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2018. Bula de profissional norfloxacino. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/datavisa/fila_bula/frmVisualizarBula.asp?pNuTransacao=11108192015&pIdAnexo=3012989. Acesso em: 20 de outubro de 2018.
- APHA, 2012. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 22nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.
- ARNOLD, G. W.; DUDZINSKI, M. L. **Ethnology of free ranging domestic animals**, 1978. 198p.
- ASHLEY, K.; CORDELL, D.; MAVINIC, D. A brief history of phosphorus: from the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse. **Chemosphere**, v.84, p.737-746, 2011.
- AYACH, L. R.; GUIMARÃES, S. T. L. de.; CAPPI, N.; AYACH, C. Saúde, saneamento e percepção de riscos ambientais urbanos. **Caderno de Geografia**, v.22, n.37, p. 47-64, 2012.
- AYYUB, B. M. Risk analysis and management. In:____. **The handbook of engineering**. 2. ed. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, cap.207, 2005.
- AZEREDO, C. M.; COTTA, R. M. M.; SCHOTT, M.; MAIA, T. de M.; MARQUES, E. S. Avaliação das condições de habitação e saneamento: a importância da visita domiciliar no contexto do Programa de Saúde da Família. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.3, p.743-753, 2007.
- BACH, S. J.; STANFORD, K.; MCALLISTER, T. A. Survival of Escherichia coli O157:H7 in feces from corn- and barley-fed steers. **FEMS Microbiol Lett**, v.252, p.25-33, 2005.
- BACILA, M. **Rim e excreção urinária**: Bioquímica Veterinária. São Paulo: J. M. Varela. Livros, 1980, p.253-288.
- BALDAM, R. L.; VALLE, R.; ROZENFELD, H. **Gerenciamento de processos de negócio - BPM**: Uma referência para implantação prática, Ed. Elsevier, p. 259-263, 2014.
- BAN, Z. **Nutrient recovery from human urine – a concentration and crystallization process**. 1998. 60 f. Thesis (Doctoral) – Department of Environmental Science and Department of Geology, Göteborg University, 1998.

- BAN, Z.; DAVE, G. Laboratory studies on recovery of N and P from human urine through struvite crystallization and zeolite adsorption. **Environmental Technology**, v.25, p.111-21, 2004.
- BARDIN, L. **Categorização**. In: BARDIN, L. (Org.). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, p.145-169, 2011.
- BARROS, L. de H. V.; SILVA, da L. A. A.; ARAÚJO, A. L. C. Recuperação de fósforo de efluentes através da precipitação de estruvita – MAP. In: VII CONNEPI – CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, Palmas, Tocantins, 2012. 6p.
- BATTISTONI, P.; BOCCADORO, R.; FATONE, F.; PAVAN, P. Auto-Nucleation and Crystal Growth of Struvite in a Demonstrative Fluidized Bed Reactor (FBR). **Environmental Technology**, v.26, n.9, p.975-982, 2005.
- BAZZARELLA, B. B. **Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não potável em edificações**. 2005. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.
- BEAL, C.; GARDNER, T.; AHMED, W.; WALTON, C.; HAMLYN-HARRIS, D. Closing the nutrient loop: a urine separation and reuse trial in the Currumbin Ecovillage, Qld. **Proceedings of AWA Conference, On Site 07**, p.1-8, 2007.
- BEGOSSI, A. Ecologia humana: um enfoque das relações homem-ambiente. **Interciência**, v.18, n.3, p.121-132, 1993.
- BEHRENDT, J.; AREVALO, E.; GULYAS, H.; NIEDERSTE-HOLLENBERG, J.; NIEMIEC, A.; ZHOU, J.; OTTERPOHL, R. Production of value-added products from separately collected urine. **Water Science & Technology**, v.46, n.6-7 p.341-346, 2002
- BENETTO, E.; NGUYEN, D.; LOHMANN, T.; SCHMITT, B.; SCHOSSELER, P. Life cycle assessment of ecological sanitation system for small-scale wastewater treatment. **Science of the Total Environment**, v.407, p.1506-1516, 2009.
- BERNSTEIN, P. L. **Desafio dos deuses: a fascinante história do risco**. Ed. Elsevier, 1997, 389p.
- BHASIN, S. Regulation of Testicular Function: Changes in Reproductive Hormones During Exercise, Recovery, Nutritional Deprivation and Illness. In: KRAEMER, W. J.; ROGOL, A. D. **The endocrine system in sports and exercise**, p.279-305, 2005.
- BHUIYAN, M. I. H.; MAVINIC, D. S.; KOCH, F. A. Thermal decomposition of struvite and its phase transition. **Chemosphere**, v.70, p.1347-1356, 2008.
- BHUIYAN, M.; MAVINIC, D.; BECKIE, R. A solubility and thermodynamic study of struvite. **Environmental Technology**, v.28, p.1015-1026, 2007.
- BISCHEL, H. N.; DUYGAN, B. D. O.; STRANDE, L.; MCARDELL, C. S.; UDERT, K. M.; HOHN, T. Pathogens and pharmaceuticals in source-separated urine in eThekweni, South Africa. **Water Research**, v.85, p.57-65, 2015.

BOLAN, N.; MAHIMAIRAJA, S.; KUNHIKRISHNAN, A.; CHOPPALA, G. Phosphorus–arsenic interactions in variable-charge soils in relation to arsenic mobility and bioavailability. **Science of the Total Environment**, v.463- 464, p.1154-1162, 2013.

BONVIN, C.; ETTER, B.; UDERT, K. M.; FROSSARD, E.; NANZER, S.; TAMBURINI, F.; OBERSON, A. Plant Uptake of Phosphorus and Nitrogen Recycled from Synthetic Source-Separated Urine. **Ambio**, v.44, p.217–227, 2015.

BOOKER, N.; PRIESTLEY, A.; FRASER, I. Struvite formation in wastewater treatment plants: opportunities for nutrient recovery. **Environmental Technology**, v.20, p.777-782, 1999.

BOTTO, M. P. **Utilização da urina humana como biofertilizante para produção de alimentos e energia: caracterização, uso na agricultura e recuperação de nutrientes**. 2013. 271 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, 2013.

BOTTO, M. P.; ELEUTÉRIO, A. T.; SOARES, M. F.; SANTOS, A. B. dos. Caracterização da urina humana segundo sexo e faixa etária em comunidade peri-urbana localizada no estado do Ceará. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA EM SANEAMENTO SUSTENTÁVEL (II ECOSANLAC), 2012, **Anais...** Vitória, Espírito Santo, 2012. 10p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2014). **Instrução Normativa Nº 17 de 18 de junho de 2014**. Brasília. 2014.

Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/legislacao/portugues/instrucao-normativa-no-17-de-18-de-junho-de-2014.pdf/view>. Acessado em: 24 de fevereiro de 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: 9 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2015). **Dados de rebanho bovino e bubalino no Brasil – 2015**. Brasília, 2015. Disponível

em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Dados%20de%20rebanho%20bovino%20e%20bubalino%20do%20Brasil%202015_site.pdf. Acesso em: 17 de junho de 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2016). **Regulação da produção orgânica**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/regularizacao-da-producao>. Acessado em: 23 de fevereiro de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA nº 27, 5 de junho de 2006**. Alterada pela IN SDA nº 7, de 12 de abril de 2016, republicada em 2 de maio de 2016. Brasília, 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde (1999). ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 17 de 30 de abril de 1999**.

- BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Assessoria Especial de Controle Interno – AEI. **Matriz de Riscos – Gestão de Integridade, Riscos e Controles Internos da Gestão**, 2007. 14p.
- BRUCKMAIER, R. W.; BLUM, J.W. **Journal of Dairy Research**, v.81, 1998. 939p.
- BRUNTON, L. L. As Bases Farmacológicas da Terapêutica de Goodman & Gilman: 12^a ed. Porto Alegre: AMGH, 2012, 2080p.
- BURKHARDT-HOLM, P.; PETER, A.; SEGNER, H. Decline of fish catch in Switzerland–project Fishnet: a balance between analysis and synthesis. **Aquatic Sciences**, v.64, p.36-54, 2002.
- BURNS, R. T.; MOODY, L. B. **Phosphorus recovery from animal manures using optimized struvite precipitation**. In: PROCEEDINGS OF COAGULANTS AND FLOCCULANTS: GLOBAL MARKET AND TECHNICAL OPPORTUNITIES FOR WATER TREATMENT CHEMICALS. Chicago, Illinois, 2002. 7p.
- CABEZA, R.; STEINGROBE, B.; ROMER, W.; CLAASSEN, N. Effectiveness of recycled P products as P fertilizer, as evaluated in pot experiments. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.91, p.173-184, 2011.
- CAC. Codex Alimentarius Commission. Appendix IV. Working principles for risk analysis for application in the framework of the Codex Alimentarius. In: REPORT OF THE TWENTY-SIXTY SESSION OF THE CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, Rome, 2003.
- CAC. Codex Alimentarius Commission. Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment. CAC/GL-30. In: CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. FOOD HYGIENE BASIC TEXTS. Rome: FAO, 1999.
- CAC. Codex Alimentarius Commission. Principles for the establishment and application of microbiological criteria for foods. CAC/GL 21-1997. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. GENERAL REQUIREMENTS (FOOD HYGIENE). Codex Alimentarius (Supplement to Volume 1B). Rome: FAO; 1997.
- CALIL, L. F. P. **Metodologia para gerenciamento de risco: foco na segurança e na continuidade**. 2009. 217 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D, G. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução**. 8. Ed. 2012.
- CAMPOS, C. J. G. Método de análise de conteúdo; ferramenta para análise de dados qualitativos no campo da saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 57, n. 5, p. 611-614, 2004.
- CAMPOS, J. M. B.; **Detecção e quantificação de fármacos e disruptores endócrinos na urina humana durante o processo de estocagem com vistas ao uso agrícola**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

CAO, X.; WAHBI, A.; MA, L.; LI, B.; YANG, Y. Immobilization of Zn, Cu, and Pb in contaminated soils using phosphate rock and phosphoric acid. **Journal of Hazardous Materials**, v.164, p.555-564, 2009.

CAPDEVIELLE, A.; SÝKOROVÁ, E.; BISCANS, B.; BÉLINE, F.; DAUMER, M-L. Optimization of struvite precipitation in synthetic biologically treated swine wastewater-Determination of the optimal process parameters. **Journal of Hazardous Materials**, v.244, p.357-369, 2013.

CARDINALI, C. R.; ZANCHETA, P. G.; BLANCK, P. L.; REBOUÇAS, T. C.; GONÇALVES, R. F. Estudo da precipitação da estruvita na urina humana visando sua utilização como um fertilizante natural. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA: A QUÍMICA E A SUSTENTABILIDADE. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2009. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2009/trabalhos/5/5-515-2147.htm>. Acessado em 21 de janeiro 2018.

CARDOSO, E. G. **Engorda de Bovinos em Confinamento**: aspectos gerais. EMBRAPA- CNPGC. Campo Grande, 1996. 36p.

CARMONA, J. C. L. **Recuperação de nitrogênio e fósforo na forma de estruvita a partir de lodo gerado em processo biológico de tratamento de esgoto**. 2017 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

CARRAN, R. A.; THEOBALD, P. W. Effects of excreta return on properties of a grazed pasture soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.56, p.79-85, 1999.

CASTILLA, C. E.; AYARZA, M. A.; SANCHEZ, P. A. Carbon and potassium dynamics in grass/legume grazing systems in the Amazon. In: LIVESTOCK AND SUSTAINABLE NUTRIENT CYCLING IN MIXED FARMING SYSTEMS OF SUB- SAHARAN ÁFRICA, ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, v.2, p.191-210, 1995.

CASTRO, C. M. de; PEIXOTO, M. N. de O.; RIO, G. A. P. do. Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.28. n.2, p.11-30. 2005.

CASTRO, S. R.; ARAÚJO, M. A. C.; LANGE, L. C. Evaluation of the hydration process of an industrial magnesia compound to obtain struvite crystals: a technique for recovering nutrients. **Rem: Revista Escola de Minas**, v.68, n.1, p.77-84, 2015.

CESAR, M. N. Z.; PAULA, P. D. de; POLIDORO, J. C.; RIBEIRO, R. de L. D.; PADOVAN, M. P. Efeito estimulante da urina de vaca sobre o crescimento de mudas de pepino, cultivadas sob manejo orgânico. **Ensaio e Ciência**, v.11, n.1, p.67-71, 2007.

CHANDRAN, A.; PRADHAN, S.; HEINONEN-TANSKI, H. Survival of enteric bacteria and coliphage MS2 in pure human urine. **Journal of Applied Microbiology**, v.107, p.1651-1657, 2009.

CHANEY, R. L. Food safety issues for mineral and organic fertilizers. **Advances in Agronomy**, v.117, p.51-116, 2012.

CHIMENOS, J.; FERNANDEZ, A.; VILLALBA, G.; SEGARRA, M.; URRUTICOECHEA, A.; ARTAZA, B.; ESPIELL, F. Removal of ammonium and phosphates from wastewater resulting from the process of cochineal extraction using MgO-containing by-product. **Water Research**, v.37, p.1601-1607, 2003.

CMDM-ES, Câmara Municipal de Domingos Martins - Espírito Santo, 2018.

Disponível em:

http://177.91.192.7:8080/sapl/sapl_documentos/materia/4759_texto_integral.

Acesso em: 17 de outubro de 2018.

COMBER, S. D. W.; GUNN, A. M. Heavy metals entering sewage – Treatment works from domestic sources. **Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management**, v.10, p.137-142,1996.

COMTUR – DM. [Conselho Municipal de Turismo de Domingos Martins],

Espírito Santo, Brasil (2017). Disponível em:

<<http://comturdm.blogspot.com.br/p/domingos-martins.html>>. Acesso em: 17 de outubro de 2017.

CORDELL, D.; DRANGERT, J. O.; WHITE, S. The story of phosphorus: global food security and food for thought. **Global Environmental Change**, v.19, p.292-305, 2009.

CORDELL, D.; ROSEMARIN, A.; SCHRÖDER, J.; SMIT, A. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. **Chemosphere**, v.84, p.747-758, 2011.

COSO. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission. **Enterprise Risk Management — Integrated Framework. Executive Summary** (Tech. Rep.) 2004.

COSTANZI, R. N.; FRIZZO, E.; DOMBECK D.; COLLE G.; ROSA J. F. DA; MAIBUK, L. A. C. do; FERNANDES, M. da S. P. Reuso de água amarela. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.2, n.1, p.9-16, 2010.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. [Organizadora] - 4. Ed. atual. e ampla – Barueri, SP: Manole, 2012. 1334p.

CRUTCHIK, D.; GARRIDO, J. M. Struvite crystallization versus amorphous magnesium and calcium phosphate precipitation during the treatment of a saline industrial wastewater. **Water Science and Technology**, v.64, n.12, p. 2460-2467, 2011.

CUNHA, D. L. da. **Avaliação do padrão de consumo do 17 α – etinilestradiol no município de Santa Maria Madalena – RJ**. 2014. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca ENSP, Rio de Janeiro, 2014.

DAGERSKOG, L.; BONZI, M. Opening minds and closing loops – productive sanitation initiatives in Burkina Faso and Niger. Ecosan Club, Sustainable Sanitation Practice Journals, Issue 3, 2010.

DAĞSUYU, C.; GÖÇMEN, E.; NARLI, M.; KOKANGÜL, A. Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. **Computers & Industrial Engineering**, v.101, p. 286-294, 2016.

DAVISON, A.; DEERE, D.; STEVENS, M.; HOWARD, G.; BARTRAM, J. **Water Safety Plan Manual**. The World Health Organization (WHO) has developed the Water Safety Plan (WSP), p.17-20, 2006.

DE MES, T.; ZEEMAN, G. Fate of estrogens in wastewater treatment systems for decentralised sanitation and re-use concepts. IN: WERNER, C.; AVENDAÑO, V.; DEMSAT, S.; EICHER, I.; HERNANDEZ, L.; JUNG, C.; KRAUS, S.; LACAYO, I.; NEUPANE, K.; RABIEGA, A.; WAFLER, M.; EDITORS. "Ecosan-closing the loop"-Proceedings of the 2nd International Symposium on ecological sanitation, Lübeck, Germany, p. 425-430, 2004.

DE-BASHAN, L. E.; BASHAN, Y. Recent advances in removing phosphorus from wastewater and its future use as fertilizer (1997–2003). **Water Research**, v.38, n.19, p.4222-4246, 2004.

DECREY, L.; UDERT, K. M.; TILLEY, E.; PECSON, B. M.; KOHN, T. Fate of the pathogen indicators phage ϕ x174 and *Ascaris suum* eggs during the production of struvite fertilizer from source-separated urine. **Water Research**, v.45, p.4960-4972, 2011.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia Eletrônica de Varredura: Aplicações e preparação de amostras**. 1. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 60p.

DEERE, D.; STEVENS, M.; DAVISON, A.; HELM, G.; DUFOUR, A. Management Strategies. In: Water Quality: Guidelines, Standards and Health – Assessment of risk and risk management for water-related infectious disease. (Eds. J. Bartram and L. Fewtrell) p.257-288, 2001.

DEGRYSE, F.; BAIRD, R.; DA SILVA, R. C.; MCLAUGHLIN, M. J. Dissolution rate and agronomic effectiveness of struvite fertilizers – effect of soil pH, granulation and base excess. **Plant Soil**, v.410, p.139-152, 2017.

DEMIRER, S. U.; DEMIRER, G. N.; CHEN, S. Ammonia removal from anaerobic digested dairy manure by struvite precipitation. **Process Biochemistry**, v.40, p.3667-3674, 2005.

DÉRY, P.; ANDERSON, B. Peak phosphorus. Energy Bulletin, 2007. Disponível em: energybulletin.net/node/33164. Acessado em: 2 de julho de 2018.

DI, H. J.; CAMERON, K. C.; SILVA, R. G.; RUSSELL, J. M.; BARNETT, J. W. A lysimeter study of the fate of 15-N labelled nitrogen in cow urine with or without farm dairy effluent in a grazed dairy pasture soil under flood irrigation. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.45, p.235–244, 2002.

DICH, J.; JÄRVINEN, R.; KNEKT, P.; PENTTILÄ, P. L. Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish mobile clinic health examination survey. **Food Additives & Contaminants**. v.13, p.541-552, 1996.

DIOGO, B.; CARVALHO, B.; CORREIA, F.; COROAS, A.; REIS, J. P. L. Problemas clínicos: interpretação dos valores analíticos mais comuns. In: SANTOS, I. et al. **Manual de Medicina Geral e Familiar**. Versão 0.01: MGF, 2000. Cap. 4. Disponível em: <http://csgois.web.interacesso.pt/MGFV001MASTER/mgf2000.html>. Acessado em: 24 out. 2017.

- DOCKHORN, T. About the economy of phosphorus recovery. **International conference on nutrient recovery from wastewater streams**, p.145-158, 2009.
- DORNE, J. L.; SKINNER, L.; FRAMPTON, G. K.; SPURGEON, D. J.; RAGAS, A. M. Human and environmental risk assessment of pharmaceuticals: differences, similarities, lessons from toxicology. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v.387, n.4, p.1259-1268, 2007.
- DOUGLAS, M. **Implicit meaning**. London and New York: Routledge, 1999.
- DOUGLAS, M. **Risk and Blame: essays in cultural theory**. London: Routledge, 1992.
- DOUGLAS, M.; WILDAVSKY, A. **Risk and culture: an essay on selection of technological and environmental dangers**. Berkeley: University of California Press, 1982.
- DOYLE, J. D.; PARSONS, S. A. Struvite formation, control and recovery. **Water Research**, v.36, n.16, p.3925-3940, 2002.
- DRANGERT, J. O. Fighting the urine blindness to provide more sanitation options. **Water SA**, v.24, n.2, p.157-164, 1998.
- DRIVER, J. Phosphates recovery for recycling from sewage and animal waste. **Phosphorus and Potassium**, v.216, p.17-21, 1998.
- DRIVER, J.; LIJMBACH, D.; STEEN, I. Prospects for recovery of phosphorus from animal manures: a review. **Environmental Technology**, v.2, p.697-708, 1999.
- DUCKWORTH, O. W.; MARTIN, S. T. Dissolution rates and pit morphologies of rhombohedral carbonate minerals. **American Mineralogist**, v.89, p.554-563, 2004.
- DUFFUS, J. H. "Heavy metals" - A meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v.74, n.5, p.793-807, 2002.
- EL DIWANI, G.; EL RAFIE, S.; EL IBIARI, N. N.; EL-AILA, H. I. Recovery of ammonia nitrogen from industrial wastewater treatment as struvite slow releasing fertilizer. **Desalination**, v.214, p.200-214, 2007.
- ELSER, J.; BENNETT, E. Phosphorus Cycle: A Broken Biogeochemical Cycle. **Nature**, v.478, p.29-31, 2011.
- ESCHER, B. I.; PRONK, W.; SUTER, M.; MAURER, M. Monitoring the removal efficiency of pharmaceuticals and hormones in different treatment processes of source-separated urine with bioassays. **Environmental Science and Technology**, v.40, n.16, p. 5095-5101, 2006.
- ESREY S.; ANDERSSON I.; HILLERS A.; SAWYER R. Closing the loop Ecological Sanitation for food security. Stockholm (Sweden)7 SIDA; 2001.
- ESREY, S.A., GOUGH, J., RAPAPORT, D., SAWYER, R., SIMPSON-HÉBERT, M., VARGAS, J.; WINBLAD, U. Ecological Sanitation. Sida, Stockholm, 1998. 92p.

- ETTER, B. **Struvite recovery from urine at community scale in Nepal** – Project intermediate report. EPFL: Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Switzerland, 2009.
- ETTER, B.; TILLEY, E.; KHADKA, R.; UDERT, K. M. Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. **Water Research**, v.45, p. 852-862, 2011.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations and WHO - World Health Organization. **Risk management and food safety**. Report of the Joint FAO/WHO Consultation, Rome: FAO, 1997
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations and WHO - World Health Organization. **Food safety risk analysis**. A guide for national food safety authorities. Rome: FAO/WHO, 2006.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations and WHO - World Health Organization. **Exposure assessment of microbiological hazards in food**. Guidelines. Rome: FAO/WHO, 2008.
- FATUNBI, A. O. Suitability of human urine enriched compost as horticultural growing medium. **World Applied Sciences Journal**, v.6, n.5, p.637-643, 2009.
- FEACHEM, R. G.; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H.; MARA, D. D. **Sanitation and Disease**: health aspects of excreta and wastewater management. World Bank Studies in Water Supply and Sanitation, 3. The World Bank, Washington, USA, 1983.
- FILHO, R. W. R.; ARAÚJO, J. C. de.; VIEIRA, E. M. Hormônios sexuais estrógenos: contaminantes bioativos. **Química Nova**, v.29, n.4, p.817-822, 2006.
- FITTSCHEN, I.; HAHN, H. H. Characterization of the municipal wastewater paert human urine and preliminary comparison with liquid cattle excretion. **Water Science and Technology**, v.38, n.6, p.9-16, 1998.
- FLYNN, J.; SLOVIC, P. Avaliações dos peritos e do público acerca dos perigos tecnológicos, in: CULTURA CIENTÍFICA E PARTICIPAÇÃO PÚBLICA, Oeiras, Celta, p.109-120, 2000.
- FONSECA, M. G. U.; PERES, F.; FIRMO, J. O. A.; UCHÔA, E. Percepção de risco: maneiras de pensar e agir no manejo de agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.12, n.1, p.39-50, 2007.
- FONTANELLA, B. J. B.; LUCHESI, B. M.; SAIDEL, M. G. B.; RICAS, J.; TURATO, E. R.; MELO, D. G. Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. **Caderno de Saúde Pública**, v. 27, n.2, p.389-394, 2011.
- FROST, R. L.; WEIER, M. L.; ERICKSON, K. L. Thermal decomposition of struvite - implications for the decomposition of kidney stones. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v.76, p.1025-1033.
- FÜRHACKER, M.; LENZ, K.; STARKL, M. Verwertung von Urin in der Landwirtschaft (Using urine in agriculture). Report. Institute of Sanitary Engineering and Water Pollution Control, BOKU-University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, 2004.

- GADELHA, R. S. S.; CELESTINO, R. C. A.; SHIMOYA, A. Efeito da urina de vaca na produtividade de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, p.91-95, 2002.
- GALLOWAY, J. N.; COWLING, E. B. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change. **Ambio**, v.31, n.2, p.64-71, 2002.
- GANESAPILLAI, M.; SIMHA, P. The rationale for alternative fertilization: Equilibrium isotherm, kinetics and mass transfer analysis for urea-nitrogen adsorption from cow urine. **Resource-Efficient Technologies**, v.1, p.90-97, 2015.
- GANROT, Z. **Urine processing for efficient nutrient recovery and reuse in agriculture**. 2005. 170 f. Thesis (Doctoral of Philosophy) - Göteborg University, 2005.
- GANTENBEIN, B.; KHADKA, R. **Struvite Recovery from Urine at Community Scale in Nepal**: Final Project Report Phase 1. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), 2009. 108p.
- GILBERT, N. The Disappearing Nutrient. **Nature**, v.461, p.716-718, 2009.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Uso Racional da Água em Edificações**. 1 ed. Vitória, ES: ABES, 2006. 352p.
- GONZÁLEZ-PONCE, R.; LÓPEZ-DE-SÁ, E. G.; PLAZA, C. Lettuce response to phosphorus fertilization with struvite recovered from municipal wastewater. **HortScience**, v.44, n.2, p.426-430, 2009.
- GUIMARÃES, P. L. F.; OLIVEIRA, R. de.; AMORIM, M. de.; ARAÚJO, N. C. de.; RODRIGUES, A. C. L. Tratamento de águas amarelas em leito filtrante intermitente de carvão ativado. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v.13, n.5, p.3853-3864, 2014.
- GUNAY, A.; KARADAG, D.; TOSUN, I.; OZTURK, M. Use of magnesit as a magnesium source for ammonium removal from leachate. **Journal of Hazardous Materials**, v.156, n.1, p.619-623, 2008.
- GUNTHER, F. A solution to the heap problem: the doubly balanced agriculture: integration with population, 2005. Disponível em: <http://www.holon.se/folke/kurs/Distans/Ekofys/Recirk/Eng/balanced.shtml>. Acesso: 2 de julho de 2018.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E.; Trad. por MARTINS, B. de A. et al. **Tratado de fisiologia médica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006. 1115 p.
- GUZHA, E.; NHAPI, I.; ROCKSTROM J. An assessment of the effect of human faeces and urine on maize production and water productivity. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v.30, n.11-16, p.840-845, 2005.
- HALLING-SORENSEN, B.; NIELSEN, S. N.; LANZKY, P. F.; INGERSLEV, F. HOLTEN LIITZHOF, H. C.; JORGENSEN, S.E. Occurrence, Fate and Effects of Pharmaceutical Substances in the Environment - A Review. **Chemosphere**, v.36, n.2, p.357-393, 1998.
- HAMEED, A.; HUSSAIN, R.; ZAHOOR, T.; AKHTAR, S.; RIAZ, M.; ISMAIL, T. Effect of oxytocin on enzyme activities in bovine milk. **International Dairy Journal**, v.39, p.229-231, 2014.

- HANHOUN, M.; MONTASTRUC, L.; AZZARO-PANTEL, C.; BISCANS, B.; FRÈCHE, M.; PIBOULEAU, L. Temperature impact assessment on struvite solubility product: a thermodynamic modeling approach. **Chemical Engineering Journal**, v.167, n.1, p.50-58, 2011.
- HASHEMI, S.; HAN, M. Harvesting nutrients from source-separated urine using powdered rice straw. **Environmental Technology**, v.39, n.9, p.1096-1101, 2018.
- HAYNES, R. J.; WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advanced Agronomy**, v.49, n.1, p.119-199, 1993.
- HEINONEN-TANSKI, H.; PRADHAN, S. K.; KARINEN, P. Sustainable Sanitation-A Cost-Effective Tool to Improve Plant Yields and the Environment. **Sustainability**, v.2, p.341-353, 2010.
- HEINONEN-TANSKI, H.; SJÖBLÖM, A.; FABRITIUS, H.; KARINEN, P. Pure human urine is a good fertilizer for cucumbers. **Bioresource Technology**, v.98, p.214-217, 2007.
- HEINONEN-TANSKI, H.; VAN WIJK-SIJBESMA, C. Human excreta for plant production. **Bioresource Technology**, v.96, p.403-411, 2005.
- HEITLAND, P.; KÖSTER, H. D. Fast, simple and reliable routine determination of 23 elements in urine by ICP-MS. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, v.19, p.1552-1558, 2004.
- HELLSTRÖM, D.; JOHANSSON, E.; GRENNBERG, K. Storage of human urine: acidification as a method to inhibit decomposition of urea. **Ecological Engineering**, n.12, p. 253-269, 1999.
- HEPPELMANN, M.; VOLLAND, J.; PFARRER, C.; KIETZMANN, M.; BÄUMER, W.; MERBACH, S.; SCHOON, H. A.; WELLNITZ, O.; SCHMICKE, M.; HOEDEMAKER, M.; BOLLWEIN, H. Efeitos da ocitocina e da PGF2 α na contratilidade uterina em vacas com e sem metrite - estudo in vitro. **Animal Reproduction Science**, v.188, p.144-154, 2018.
- HÖGLUND, C. **Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine**. 2001. 78 f. Thesis (Doctoral) - Royal Institute of Technology (KTH), Department of Biotechnology, Applied Microbiology. Stockholm, Sweden, 2001.
- HÖGLUND, C.; ASHBOLT, N.; STENSTROM, T. A.; SVENSSON, L. Viral persistence in source-separated human urine. **Advances in Environmental Research**, v.6, p. 265-275, 2002.
- HÖGLUND, C.; STENSTRÖM, T. A. Survival of *cryptosporidium parvum* oocysts in source separated human urine. **Canadian Journal of Microbiology**, v.45, p.740-746, 1999.
- HÖGLUND, C.; VINNERÅS, B.; STENSTRÖM, T. A.; JÖNSSON, H. Variation of chemical and microbial parameters in collection and storage tanks for source separated human urine. **Journal of Environmental Science and Health, Part A - Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**, v.35, n.8, p.1463-1475, 2000.

HOLTON, G. A. Perspectives: defining risk. **Financial analysts journal**, v.97, n.6, p.1-11, 2004.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HÖVELMANN, J.; PUTNIS, C. V. *In situ* nanoscale imaging of struvite formation during the dissolution of natural brucite: implications for phosphorus recovery from wastewaters. **Environmental Science & Technology**, v.50, p.13032-13041, 2016.

HOWARTH, R. W.; MARINO, R. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. **Limnology and Oceanography**, v. 51, p.364-376, 2006.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística] (2018). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/domingos-martins/panorama>>. Acesso em 27 de novembro de 2018.

IGOS, E.; BESSON, M.; NAVARRETE, T. G.; BISINELLA, A. B. de F.; BENETTO, E.; BARNA, L.; AHMADI, A., SPÉRANDIO, M. Assessment of environmental impacts and operational costs of the implementation of an innovative source-separated urine treatment. **Water research**, v.1, n.126, p.50-59, 2017.

ISHII, S. K. L.; BOYER, T. H. Life cycle comparison of centralized wastewater treatment and urine source separation with struvite precipitation: focus on urine nutrient management. **Water research**, v.79, p.88-103, 2015.

JANSSENS, I.; TANGHE, T.; VERSTRAETE, W. Micropollutants: a bottleneck in sustainable wastewater treatment. **Water Science & Technology**, v.35, n.10, p.13-26, 1997.

JARVIE, H. P.; NEAL, C.; WITHERS, P. J. Sewage-effluent phosphorus: a greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus? **Science of the Total Environment**, v. 360, n.1, p.246-253, 2006.

JARVIS, K. E.; GRAY, A. L.; HOUK, R. S. Handbook of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, **Blackie**, 1992.

JARVIS, S. C.; SCHOLEFIELD, D.; PAIN, B. Nitrogen cycling in grazing systems. In: NITROGEN FERTILIZATION IN THE ENVIRONMENT. Marcel Dekker, Inc., New York, p.381-419, 1995.

JENSEN, P. D.; SULLIVAN, T.; CARNEY, C.; BATSTONE, D. J. Analysis of the potential to recover energy and nutrient resources from cattle slaughterhouses in Australia by employing anaerobic digestion. **Applied Energy**, v.136, p.23-31, 2014.

JENSEN, P. K. M.; PHUC, P. D.; KNUDSEN, L. G.; DALSGAARD, A.; KONRADSEN, F. Hygiene versus fertiliser: the use of human excreta in agriculture-a Vietnamese example. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v.211, p.432-439, 2008.

JIA, G.; ZHANG, H.; KRAMPE, J.; MUSTER, T.; GAO, B.; ZHU, N.; JIN, B. Applying a chemical equilibrium model for optimizing struvite precipitation for ammonium recovery from anaerobic digester effluent. **Journal of Cleaner Production**, v.147, p.297-305, 2017.

JOHANSSON, M. **Urine separation**: closing the nutrient cycle. Final report on the R&D project: Source-separated human urine –a future source of fertilizer for agriculture in Stockholm region? Stockholm, 2000. 40p.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; RICHERT-STINTZING, A.; RODHE, L. **Urine separation**: closing the nutrient cycle. Stockholm Vatten, Stockholmshem. Estocolmo, 2000. 40p.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; STINTZING, A. R.; RODHE, L. **Urine separation**: closing the nutrient cycle. (English version of report originally published in Swedish). Stockholm Water Company, Stockholm., Sweden, 2001. 40p.

JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; HÖGLUND, C.; STINTZING, A.; RODHE, L. **Final report for source-separated human urine**: A future source of fertilizer for agriculture in the Stockholm region? Prepared for the Stockholm Water Company, Stockholm, 2002, 40p.

JÖNSSON, H. Källseparering av humanurin-mot ett uttlligare samhllle. Sveriges Lantbruksuniversitet, Teknik, v.3, p.1-4, 1994.

JÖNSSON, H. Urine separating sewage systems: environmental effects and resource usage. **Water Science and Technology**, v.46, n.6-7, p.333-340, 2002.

JÖNSSON, H.; BAKY, A.; JEPPSSON, U.; HELLSTRÖM, D.; KÄRRMAN, E. Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model. **Urban Water Journal**, 2005. 49p.

JÖNSSON, H.; STENSTRÖM, T.; SVENSSON, J.; SUNDIN, A. Source separated urine nutrient and heavy metal content, water saving and faecal contamination. **Water Science and Technology**, v. 35, p.145-152, 1997.

JÖNSSON, H.; VINNERÅS, B. Adapting the nutrient content of urine and faeces in different countries using FAO and Swedish Data. In: PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL SANITATION, INCORPORATING THE 1ST IWA SPECIALIST GROUP CONFERENCE ON SUSTAINABLE SANITATION, Division 44, Environment and Infrastructure sector project ecosan, Lübeck, Germany, 2004.

JÖNSSON, H.; VINNERÅS, B.; HÖGLUND C; STENSTRÖM, T. A. Source separation of urine. **Wasser and Boden**, v.51, n.11, p.21-25, 1999.

JÖNSSON, H.; VINNERÅS, B.; HÖGLUND, C.; STENSTRÖM, T.A.; DALHAMMAR, G.; KIRCHMANN, H. **Recycling source separated human urine**, Va-Forsk Report VAVAB, Stockholm, Sweden, 2000.

KARAK, T.; BHATTACHARYYA, P. Human urine as a source of alternative natural fertilizer in agriculture: a flight of fancy or an achievable reality. **Resources, Conservation and Recycling**, v.55, n.4, p.400-408, 2011.

KARAK, T.; SONAR, I.; NATH, J. R.; PAUL, R. K.; DAS, S.; BORUAH, R. K.; DUTTA, A. K.; DAS, K. Struvite for composting of agricultural wastes with termite mound: Utilizing the unutilized. **Bioresource Technology**, v.187, p.49-59, 2015.

KÄRRMAN, E.; JÖNSSON, H.; GRUVBERGER, C.; DALEMO, M; SONESSON, U. **Miljösystemanalys av hushållens avlopp och organiska avfall (Environmental systems analysis of wastewater and solid organic household waste)**. Report 1999, 15 VA-FORSK/VAV. Stockholm, Sweden, 1999.

KATAKI, S.; WEST, H.; CLARKE, M.; BARUAH, D. C. Phosphorus recovery as struvite: recent concerns for use of seed, alternative Mg source, nitrogen conservation and fertilizer potential. **Resources, Conservation and Recycling**, v.107, p.142-156, 2016.

KEBREAB, E.; HANSEN, A. V.; LEYTEM, A. B. Feed management practices to reduce manure phosphorus excretion in dairy cattle. **Advances in Animal Biosciences**, v.4, p.37-41, 2013.

KEHOE, R.A., CHOLAK, J., STORY, R.V. A spectrochemical study of the normal ranges of concentration of certain trace metals in biological materials. **Journal of Nutrition**, n.19, v.6, p.579-592. 1940.

KEMACHEEVAKUL, P.; CHUANGCHOTE, S.; OTANI, S.; MATSUDA, T.; SHIMIZU, Y. Phosphorus recovery: minimization of amount of pharmaceuticals and improvement of purity in struvite recovered from hydrolysed urine. **Environmental Technology**, v.35, n.23, p. 3011-3019, 2014.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIM, D.; RYU, H. D.; KIM, M. S.; KIM, J.; LEE, S. I. Enhancing struvite precipitation potential for ammonia nitrogen removal in municipal landfill leachate. **Journal of Hazardous Materials**, v.146, p.81-85, 2007.

KIM, N.; FERGUSSON, J. Concentrations and sources of cadmium, copper, lead and zinc in dust in Christchurch, New Zealand. **Science of the Total Environment**, v.138, p.1-21,1993.

KIPERSTOK, A.; NASCIMENTO, F. R. A.; KIPERSTOK, A. C. O. Tratamento em separado da urina e das fezes é uma solução viável ou uma utopia? **Revista DAE**, p.38-43, 2010.

KIRCHMANN, H., PETTERSSON, S. Human urine-chemical composition and fertilizer use efficiency. **Fertilizer Research**, v.40, p.149-154, 1995.

KLEEMANN, R.; CHENOWETH, J.; CLIFT, R.; MORSE, S.; PEARCE, P.; SAROJ, D. Evaluation of local and national effects of recovering phosphorus at wastewater treatment plants: Lessons learned from the UK. **Resources, Conservation and Recycling**, v.105, p.347-359, 2015.

KNIGHT, C. H.; HIRST, D.; DEWHURST, R. J. **Journal of Dairy Research**, v.61, 1994. 167p.

KONÉ, D.; Excreta and wastewater management contributing to Cities' economic development. **A paradigm shift. Sandec News**, v.8, p.8-9, 2007.

- KRAHENBUHL, M.; ETTER, B.; UDERT, K. M. Pretreated magnesite as a source of low-cost magnesium for producing struvite from urine in Nepal. **Science of the Total Environment**, v.542, p.1155–1161, 2016.
- KUMAMOTO, H.; HENLEY, E. **Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientist**. New York: IEEE Press, 1996, 597p.
- KUMAR, A.; DAS, A.; GOEL, M.; KUMAR, K. R.; SUBRAMANYAM, B.; SUDARSAN, J. S. Recovery of Nutrients from Wastewater by Struvite Crystallization. **Nature Environment and Pollution Technology**, v.12, n.3, p.479-482, 2013.
- KUMAR, R.; PAL, P. Assessing the feasibility of N and P recovery by struvite precipitation from nutrient-rich wastewater: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v.22, n.22, p.17453–17464, 2015.
- KUMAR, R.; PAL, P. Turning hazardous waste into value-added products: production and characterization of struvite from ammoniacal waste with new approaches. **Journal of Cleaner Production**, v.43, p. 59-70, 2013.
- KVARNSTRÖM, E.; EMILSSON, K.; STINTZING, A. R.; JOHANSSON, M.; JÖNSSON, H.; PETERSENS, E. A.; SCHÖNNING, C.; CHRISTENSEN, J.; HELLSTRÖM, D.; QVARNSTRÖM, L.; RIDDERSTOLPE, P.; DRANGERT, J. **Separação de urina: Um passo em direção ao saneamento sustentável**. Programa EcoSanRes e do Instituto Ambiental de Estocolmo, 2006. 77p.
- LAHAV, O.; TELZHENSKY, M.; ZEWUHN, A.; GENDEL, Y.; GERTH, J.; CALMANO, W.; BIRNHACK, L. Struvite recovery from municipal-wastewater sludge centrifuge supernatant using seawater NF concentrate as a cheap Mg(II) source. **Separation and Purification Technology**, v.108, p.103–110, 2013.
- LAMBERTI, G. G. **Concepção de um vaso sanitário sem veiculação hídrica com segregação de urina**. 2013. 64 f. (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2013.
- LAMMERDING, A. M.; PAOLI, G. M. Quantitative risk assessment: an emerging tool for emerging foodborne pathogens. **Emerging Infectious Diseases Journal**, v.3, n.4, p.483-487, 1997.
- LANDRY, K. A.; BOYER, T. H. Life cycle assessment and costing of urine source separation: Focus on nonsteroidal anti-inflammatory drug removal. **Water Research**, v.105, p. 487-495, 2016.
- LANGE, J.; OTTERPOHL, R. Abwasser-handbuch zu einer zukunfts7higen wasserwirtschaft [Wastewater-manual for sustainable water management]. 2nd Edition. Donaueschingen-Pföhren (Germany) 7 MALLBETON-Verlag, 2000.
- LANGERGRABER, G.; MUELLEGGERA, E. Ecological Sanitation - a way to solve global sanitation problems? **Environment International**, v.31, p.433-444, 2005.
- LAPOINTE, B. E.; BARILE, P. J.; LITTLER, M. M.; LITTLER, D. S. BEDFORD, B. J. GASQUE, C. Macroalgal blooms on southeast Florida coral reefs. I Nutrient stoichiometry of the invasive green alga *Codium isthmocladum* in the wider Caribbean indicates nutrient enrichment. **Harmful Algae**, v. 4, p.1092 - 1105, 2005.

LARSEN, T. A.; GUJER, W. Separate management of anthropogenic nutrient solutions (human urine). **Water Science and Technology**, v.34, n.3-4, p.87-94, 1996.

LARSEN, T. A.; LIENERT, J. Societal implications of re-engineering the toilet, (2003). **Water Intelligence Online**. Disponível em: <200303006.
<http://www.iwaponline.com/wio/2003/03/default001>>. Acessado em: 29 de abril de 2017.

LARSEN, T. A.; PETERS, I.; ALDER, A.; EGGEN, R.; MAUREN, M.; MUNCKE, J. Re-engineering the toilet for sustainable wastewater management. **Environmental Science and Technology**, v.35, n.9, p.192-197, 2001.

LATIFIAN, M.; HOLST, O.; LIU, J. Nitrogen and phosphorus removal from urine by sequential struvite formation and recycling process. **Clean - Soil, Air, Water**, v.42, n.8, p.1157-1161, 2014.

LE CORRE, K. S.; VALSAMI-JONES, E.; HOBBS, P.; PARSONS, S. A. Phosphorus Recovery from Wastewater by Struvite Crystallization: A review. *Crit. Rev. Environmental Science & Technology*, v.39, p.433-477, 2009.

LEAL, F.; PINHO, A. F. de; ALMEIDA, D. A. de. Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey. **Revista Gestão Industrial**, v.2, n.1, p. 78-88, 2006.

LEDESMA, L. M. S. **Produção de estruvita a partir do esgoto doméstico**. 2014. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

LEDEZMA, P.; KUNTKE, P.; BUISMAN, C. J. N.; KELLER, J.; FREGUIA, S. Source-separated urine opens golden opportunities for microbial electrochemical technologies. **Trends in Biotechnology**, v.33, p.214-220, 2015.

LEE, S. I.; WEON, S. Y.; LEE, C. W.; KOOPMAN, B. Removal of nitrogen and phosphate from wastewater by addition of bittern. **Chemosphere**, v.51, n.4, p.265-271, 2003.

LENTNER, C.; WINK, A. **Units of Measurement, Body Fluids, Composition of the Body, Nutrition**. Geigy Scientific Tables. CIBA-GEIGY Ltd, Basle, Switzerland, v.1, 1981. 296p.

LI, R.; WANG, J. J.; ZHOU, B.; ZHANG, Z.; LIU, S.; LEI, S., XIAO, R. Simultaneous capture removal of phosphate, ammonium and organic substances by MgO impregnated biochar and its potential use in swine wastewater treatment. **Journal of Cleaner Production**, v.147, n.20, p.96-107, 2017.

LIENERT, J.; LARSEN, T. A. Soft paths in wastewater management- the pros and cons of urine source separation. **Gaia**, v.15, n.4, p.280-288, 2007.

LIENERT, J.; HALLER, M.; BERNER, A.; STAUFFACHER, M.; LARSEN, T. A. How farmers in Switzerland perceive fertilizers from recycled anthropogenic nutrients (urine). **Water Science and Technology**, v. 48, n. 1, p.47-56, 2003.

- LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Nutrient recovery from human urine by struvite crystallisation with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite. **Bioresource Technology**, v.73, p.169-174, 2000.
- LIND, B.; BAN, Z.; BYDÉN, S. Volume reduction and concentration of nutrients in human urine. **Ecological Engineering**, v.16, n.4, p. 561-566, 2001.
- LIU Y, H., RAHMAN M, M., KWAG, J. H. Eco-friendly production of maize using struvite recovered from swine wastewater as a sustainable fertilizer source. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.1699-1705, 2011.
- LIU Y, H.; RAHMAN M, M.; KWAG, J. H. Eco-friendly production of maize using struvite recovered from swine wastewater as a sustainable fertilizer source. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.24, p.1699-1705, 2011.
- LIU, X.; YI, T.; WEN, G.; KONG, F.; ZHANG, X.; HU, Z. Influence of soil and irrigation water pH on the availability of phosphorus in struvite derived from urine through a greenhouse pot experiment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, p3324-3329, 2016.
- LOPES, H. J. de J. **O laboratório clínico na avaliação da função renal**. Gold Analisa Diagnóstica Ltda. Rio de Janeiro, 2004. 27p.
- LOURO, C. A. L. de; JÚNIOR, I. V.; ÁVILA, G. M. Sustentabilidade ambiental: estudo sobre o aproveitamento de nutrientes da urina humana para fins agrícolas. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.7, p.440-447, 2012.
- LUCAS, S. D.; JONES, D. L. Urine enhances the leaching and persistence of estrogens in soils. **Soil Biology & Biochemistry**, v.41, p.236-242, 2009.
- MAAß, O.; GRUNDMANN; P.; POLACH, C. V. B. U. Added-value from innovative value chains by establishing nutrient cycles via struvite. **Resources Conservation and Recycling**, v.87, p.126-136, 2014.
- MANG, H.; JURGA, IP.; XU, Z. Experience in improving fertilizer value of compost by enriching with urine. **International Journal of Environmental Technology and Management**. v.7, p.464-471, 2007.
- MANILA, C. F. **Ecological Sanitation - An Introduction to the Philippines**. Philippines, 2003. 45p.
- MANILA, C. F. **Ecological Sanitation - An Introduction to the Philippines**. Philippines, 2003. 45p.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- MARTÍ, N.; BARAT, R.; SECO, A.; PASTOR, L.; BOUZAS, A. Sludge management modeling to enhance P-recovery as struvite in wastewater treatment plants. **Journal of Environmental Management**, v.196, p.340-346, 2017.
- MARTINS, E. S. C. da S. **Efeito do armazenamento sobre as características de urina e águas amarelas**. 2016. 86 f. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, Paraíba, 2016.

- MASHAURI, D. A.; SENZIA, M. A. **Reuse of nutrients from ecological sanitation toilets as a source of fertilizer**. In: 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTEGRATED ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN SOUTHERN ÁFRICA, Johannesburg, p. 27-30, 2002.
- MATHEWS, B. W.; SOLLENBERGER, L. E.; TRITSCHLER, J. P. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: Soil considerations. In: NUTRIENT CYCLING IN FORAGE SYSTEMS. POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE AND THE FOUNDATION FOR AGRONOMIC RESEARCH, Manhattan, Kansas, p.213-229, 1996.
- MATOS, A. K. V. de. **Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. Cadernos da FUCAMP**, v.10, n.12, p.1-17, 2010.
- MATSUMIYA, Y.; YAMASITA, T.; NAWAMURA, Y. Phosphorus removal from sidestreams by crystallisation of magnesium-ammonium phosphate using seawater. **Water and Environment Journal**, v.14, n.4, p.291–296, 2000.
- MAURER, M.; MUNCKE, J.; LARSEN, T. A. Technologies for nitrogen recovery and reuse. In: Lens, P.P., Wilderer, P., Asano, T. (Eds.), **Water Recycling and Resource Recovery in Industry**, p.491-510, 2002.
- MAURER, M.; PRONK, W.; LARSEN, T. A. Treatment processes for source-separated urine. **Water Research**, v.40, p.3151-3166, 2006.
- MAURER, M.; SCHWEGLER, P.; LARSEN, T. A. Nutrients in urine: energetic aspects of removal and recovery. **Water Science and Technology**, v.48, n.1, p.37-46, 2003.
- MAVROPOULAS, E. **A hidroxiapatita como removedora de chumbo**. 1999. 105 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1999.
- MEDILANSKI, E.; CHUAN, L.; MOSLER, H. J.; SCHERTENLEIB, R.; LARSEN, T. A. Wastewater management in Kunming, China: A stakeholder perspective on measures at the source, **Environment and Urbanization**, v.18, n.2, p.353-368, 2006.
- MEHTA, C. M.; BATSTONE, D. J. Nucleation and growth kinetics of struvite crystallization. **Water Research**, v.47, n.8, p.2890-2900, 2013.
- MEINZINGER, F.; OLDENBURG, M.; OTTERPOHL, R. No waste, but a resource: Alternative approaches to urban sanitation in Ethiopia. **Desalination** 248, p. 322–329. 2009.
- MENDONÇA, A. L. P. V. de. **Métodos de avaliação de riscos – contributo para a sua aplicabilidade no setor da construção civil**. 2013. 225 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve. Faro, Portugal, 2013.
- MENG, Q.; YUE, S.; HOU, P.; CUI, Z.; CHEN, X. Improving yield and nitrogen use efficiency simultaneously for maize and wheat in China: a review. **Pedosphere**, v.26, p.137-147, 2016.
- METCALF, B.; EDDY, I. N. C. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. New York, USA: MC Graw - Hill, p.477-482, 2016.

MIERNIK, J. H.; SHAH, B. H.; MCGRUFF, C. F. Waste Water Processing Technology for Space Station Freedom: Comparative Test Data Analysis, SAE Technical Paper Series No. 911416, presented at 21st International Conference on Environmental Systems, San Francisco, CA, p.15-18, 1991.

MIERZWA, J. C.; AQUINO, S. F.; VERAS, L. R. V. Remoção de Desreguladores Endócrinos. IN: PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO, EDITAL 5 (PROSAB 5). REMOÇÃO DE MICROORGANISMOS EMERGENTES E MICROCONTAMINANTES ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO. Valter Lucio de Pádua (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa Social**. Teoria, Método e Criatividade. 6. Ed. Petrópolis: Editora Vozes, 1993.

MITSCHERLICH, E.; MARTH, E. H. **Microbial Survival in the Environment Bacteria and Rickettsiae Important in Human and Animal Health**. Springer-Verlag, 1984. 711p.

MKHIZE, M.; TAYLOR, M.; UDERT, K. M.; GOUNDEN, T. G.; BUCKLEY, C. A. Urine diversion dry toilets in eThekweni Municipality, South Africa: acceptance, use and maintenance through users' eyes. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, v.7, n.1, p.111-120, 2017.

MNKENI, P. N. S.; KUTU, F. R.; MUCHAONYERWA, P.; AUSTIN, L. M. Evaluation of human urine as a source of nutrients for selected vegetables and maize under tunnel house conditions in the Eastern Cape, South Africa. **Waste Management & Research**, v.26, p.132-139, 2008.

MOHANTY, I.; SENAPATI, M. R.; JENA, D.; PALAI, S. Diversified uses of cow urine. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v.6, n.3, 2014.

MONBALLIU, A.; GHYSELBRECHT, K.; CRABEELS, X.; MEESSCHAERT, B. Calcium phosphate precipitation in nitrified wastewater from the potato-processing industry. **Environmental Technology**, v.22, p.1-17, 2018.

MORIYAMA, K.; MORI, T.; ARAYASHIKI, H.; SAITO, H.; CHINO, M.; The amount of heavy metals derived from domestic wastewater. **Water Science and Technology**, v.21, p.1913-1916, 1989.

MPOUNTAS, I., PAPADAKIS, E., KOUTSOUKOS, P. Phosphorus Recovery from Simulated Municipal Wastewater (SMW) through the Crystallization of Magnesium Ammonium Phosphate Hexahydrate (MAP). **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v.92, p. 2075-2082, 2017.

MUSKOLUS, A. **Anthropogenic plant nutrients as fertiliser**. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Departamento de Ciências Agrárias, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlim, Alemanha, 2008.

NANCHARAI, Y. V.; VENKATA MOHAN, S.; LENS, P. N. L. Recent advances in nutrient removal and recovery in biological and bioelectrochemical systems. **Bioresource Technology**, v. 215, p.173-185, 2016.

- NAWAB, B; NYBORG, I. L. P.; ESSER, K. B.; JENSSEN, P. D. Cultural preferences in designing ecological sanitation systems in North West Frontier Province, Pakistan. **Journal of Environmental Psychology**, v.26, p.236-246, 2006.
- NELSON, N. O.; MIKKELSEN, R. L.; HESTERBERG, D. L. Struvite precipitation in anaerobic swine lagoon liquid: Effect of pH and Mg:P ratio and determination of rate constant. **Bioresource Technology**, v.89, p.229-236, 2003.
- NICHTER M. **Anthropology and international health: South Asian case studies**. Dordrecht: Kluwer Publications, 1989.
- NOUR, E. A. A.; PHILLIPPI, L. S.; ROSTON, D. M.; ZANELLA, L.; GONÇALVES, R. S. **Gerenciamento de águas negras e amarelas**. In: TECNOLOGIAS DE SEGREGAÇÃO E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS NA ORIGEM, VISANDO À REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA E DA INFRAESTRUTURA DE COLETA, ESPECIALMENTE NAS PERIFÉRIAS URBANAS. PROSAB. Rio de Janeiro, p.223-266, 2006.
- NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário - Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola**. 1. Ed. Editora: Edgard Blucher, 2003. 520p.
- OHLINGER, K. N. **Struvite controls in anaerobic digestion wastewater treatment processes**. 1999. 153 f. Thesis (Doctoral) - Graduate Division, University of California Davis, Davis, 1999.
- OHLINGER, K. N.; YOUNG, Y. M.; SCHROEDER, E. D. Kinetics effects on preferential struvite accumulation in wastewater. **Journal of Environmental Engineering**, v.125, n.8, p.730-737, 1999.
- OHLINGER, K. N.; YOUNG, Y. M.; SCHROEDER, E. D. Predicting struvite formation in digestion. **Water Research**, v.32, n.12, p.3607-3614, 1998.
- OLIVEIRA, N. L. C. de; PUIATTI, M.; SANTOS, R.H. S.; CECON, P. R.; RODRIGUES, P. H. R. Soil and leaf fertilization of lettuce crop with cow urine. **Horticultura Brasileira**, v.27, p. 431-437, 2009.
- OLSSON, A.; STENSTRÖM, T. A.; JÖNSSON, H. Occurrence and persistence of faecal microorganisms in human urine from urine-separating toilet. **Environmental Research forum**, v.5-6:p.409-412, 1996.
- OPAS. Organização Pan-Americana da Saúde e OMS - Organização Mundial da Saúde. **Revisão sistemática como ferramenta da avaliação de riscos microbiológicos**. Rio de Janeiro: Área de Vigilância Sanitária, Prevenção e Controle de Doenças - OPAS/OMS, 2009. 216p.
- OPS. Organización Panamericana de La Salud. Protección Ambiental. In:XXIII CONFERENCIA SANITARIA PANAMERICANA. XLII REUNIÓN DEL COMITÉ REGIONAL (CPS23/16). OPS, Washington, D.C., mimeo, 1990.
- OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation. **Water** 21, p.37-41, 2001.
- OTTERPOHL, R.; BRAUN, U; OLDENBURG, M. Innovative technologies for decentralized water, wastewater and biowaste management in urban and peri-urban areas. **Water Science and Technology**, v. 48, n.11-12, p. 23-32, 2003.

OUCHAH, L.; MANDI, L.; BERREKHIS, F.; OUAZZANI, N. Essays of phosphorus recovery into struvite from fertilizer industry effluents. **Desalination and Water Treatment**, v.52, n.13-15, p.2886-2892, 2013.

OYAMA, C. **Nutrientes da urina humana como fertilizante agrícola: análise de viabilidade econômica sobre um modelo de produção baseado na Economia Solidária e na Agricultura Familiar**. 2013. 231 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental: Mitigação de impactos ambientais) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2013.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; MULLER, M. D. Fertilidad del suelo y biomasa de forraje en pasturas manejadas con diferentes coberturas arbóreas. In: CONGRESO FORESTAL DE CUBA, 2011, 5p. 2011, **Anais...** Habana: Instituto de Investigaciones Forestais, 2011.

PALLAS, J. M. A.; VILLA, J. P. J. **Metodos de investigación aplicados a la atención primaria de salud**. Madrid: Mosby/ Dogma Libros, 1995.

PALMQUIST, H.; JÖNSSON, H. Urine, faeces, greywater and biodegradable solid waste as potential fertilisers. IN: WERNER, C; AVENDAÑO, V.; DEMSAT, S.; EICHER, I.; HERNANDEZ, L.; JUNG, C.; KRAUS, S.; LACAYO, I.; NEUPANE, K.; RABIEGA, A.; WAFLER, M.; EDITORS. "Ecosan-closing the loop"-Proceedings of the 2nd International Symposium on ecological sanitation, Lübeck, Germany, p.825-828, 2004.

PAREEK, A. K.; GARG, S.; KUMAR, M.; MAL YADAV, S.; SHARMA, P. Cow urine: a proper treatment with significant action. **International Journal of Pharmacy & Technology**, v.6, n.4, p.7941-7950, 2015.

PASSOS, C. A. C. Influência da oxigenação nas amostras supercondutoras do tipo $\text{Hg}_{0,82}\text{Re}_{0,18}\text{Ba}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{8+\delta}$. 2001. 77 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2001.

PASTOR, L.; MANGIN, D.; BARAT, R.; SECO, A. A pilot scale study of struvite precipitation in a stirred tank reactor: conditions influencing the process. **Bioresource Technology**, v.99, p. 6285-6291, 2008.

PEDROSO, R. C. R. **Desenvolvimento de métodos de análise por CLAE-UV para os antimicrobianos tetraciclina, sulfametoxazol e trimetoprima utilizando materiais à base de sílica e polímeros como sistema de pré-concentração**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

PEREIRA, J. C. C. **Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005.

PERES, F. Onde mora o perigo? Percepção de riscos, ambiente e saúde. In: MINAYO MCS, MIRANDA AC, ORGANIZADORES. SAÚDE E AMBIENTE SUSTENTÁVEL: estreitando-nós. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, p.135-141, 2002.

PERES, F.; ROZEMBERG, B.; LUCCA, S. R. de. Percepção de riscos no trabalho rural em uma região agrícola do Estado do Rio de Janeiro, Brasil: agrotóxicos, saúde e ambiente. **Caderno de Saúde Pública**, v.21, n.6, p.1836-1844, 2005.

PESAGRO. **Urina de vaca**: alternativa eficiente e barata. (Documento, 68), Niterói, 2001. 8p.

PESAGRO-RIO. **Urina de vaca**: alternativa eficiente e barata. (Documento, 96), 2.Ed. Niteroi, 2002. 18p.

PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T. F. **Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente**. In: PHILIPPI JR, A. (Ed.). Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, p.3-31, 2005.

PHUC, P. D.; KONRADSEN, F.; PHUONG, P. T.; CAM, P. D; DALSGAARD, A. Practice of using human excreta as fertilizer and implications for health in Nghean Province, Vietnam. *SE Asian. Journal of Tropical Medicine*, v.37, p.222-229, 2006.

POLPRASERT C. Organic waste recycling: technology and management. 3rd ed. London, UK: IWA Publishing; 2007.

PRABHU, M.; MUTNURI, S. Cow urine as a potential source for struvite production. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v.3, n.49, 2014. 12p.

PRADHAN, S. K.; NERG, A.; SJÖBLOM, A.; HOLOPAINEN, J. K.; HEINONEN-TANSKI, H. Use of human urine fertilizer in cultivation of cabbage (*Brassica oleracea*)-impacts on chemical, microbial, and flavor quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.8657-8663, 2007.

PRAKASH, B. S.; PAUL, V.; KLIEM, H.; KULOZIK, U.; MEYER, H. H. D. Determination of oxytocin in milk of cows administered oxytocin. **Analytica Chimica Acta**, v.636, p.111-115, 2009.

PROATER [Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural] 2011-2013. Domingos Martins. **Planejamento e Programação de ações 2011**. Vitória: INCAPER, SEAG, 2011, 37p. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Centro_cerrano/Domingos_Martins.pdf>. Acessado em: 17 de outubro de 2017.

PRONK, W.; KONÉ, D. Options for urine treatment in developing countries. **Desalination**, v.248, p.360-368, 2009.

PRONK, W.; PALMQUIST, H.; BIEBOW, M.; BOLLER, M. Nanofiltration for the separation of pharmaceuticals from nutrients in source-separated urine. **Water Research**, v.40, p.1405-1412, 2006.

QUINTANA, M.; COLMENAREJO, M. F.; BARRERA, J.; SÁNCHEZ, E.; GARCÍA, G.; TRAVIESO, L.; BORJA, R. Removal of phosphorus through struvite precipitation using a by-product of magnesium oxide production (BMP): effect of the mode of BMP preparation. **Chemical Engineering Journal**, v.136 n.2, p.204-209, 2008.

RAHMAN, M. M.; SALLEH, M. A. M.; RASHID, U.; AHSAN, A.; HOSSAIN, M. M.; RA, C. S. Production of slow release crystal fertilizer from wastewaters through struvite crystallization - A review. **Arabian Journal of Chemistry**, v.7, p.139-155, 2014.

RAIMUNDO, C. C. M. **Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais da bacia do rio Atibaia**. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em química) - Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química. Campinas, São Paulo, 2007.

RANDALL, C. W. Potential societal and economic impacts of wastewater nutrient removal and recycling. **Water Science & Technology**, v.48, n.1, p.7-11, 2003.

RAUCH, W.; BROCKMANN, D.; PETERS, I.; LARSEN, T. A.; GUJER, W. Combining urine separation with waste design: an analysis using a stochastic model for urine production. **Water Research**, v.37, n.3, p.681-689, 2003.

RAWN, A. M.; BANTA, A. P.; POMEROY, R. Multiple-stage sewage sludge digestion. **Proceedings of the American Society of Civil Engineers**, v.104, p.189-194, 1939.

REBELO, F. **Geografia Física e Riscos Naturais**. Ed. Imprensa da Universidade de Coimbra, Portugal, 2010. 215p.

REBOUÇAS C. C.; ZANCHETA, P. G.; SANTOS, T. O.; GONCALVES, R. F. Concentração de nutrientes na urina humana através de congelamento objetivando o aproveitamento para fins produtivos na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, v.2, p.110-111, 2007.

REBOUÇAS, C. R.; ZANCHETA, P. G.; REBOUÇAS, T. C.; GONÇALVES, R. F. **Precipitação de estruvita em águas amarelas visando seu reaproveitamento como fertilizante agrícola**. In: XXXI CONGRESSO INTERAMERICANO AIDIS. Santiago, Chile, 2008. 7p.

RICHARDSON, R J. **Pesquisa Social: métodos e técnicas**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RICHERT, A.; GENSCHE, R.; JÖNSSON, H.; STENSTRÖM, T.; DAGERSKOG, L. **Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola**. Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Series, 2011. 54p.

RIOS, E. C. S. V. dos. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*)**. 2008. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

RIOS, E. C.; FREITAS, L. T. de; ZANCHETA, P. G.; COSTA, A. N. da; GONÇALVES, R. F. Utilização de águas amarelas como fertilizante natural no cultivo agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, ABES. **Anais...** Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007, CD-ROM.

RITSCHER, W. A.; KEARNS, G. L. **Handbook of basic pharmacokinetics**, 5. Ed. Washington DC: American Pharmaceutical Association, 1999.

RODHE, L.; RICHERT, S. A.; STEINECK, S. Ammonia emissions after application of human urine to clay soil for barley growth. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, p.191-198, 2004.

ROMERO-GUIZA, M. S.; TAIT, S.; ASTALS, S.; DEL VALLE-ZERMENO, R.; MARTINEZ, M.; MATA-ALVAREZ, J.; CHIMENOS, J. M. Reagent use efficiency with removal of nitrogen from pig slurry via struvite: a study on magnesium oxide and related by-products. **Water Research**, v.84, p.286-294, 2015.

RONTELTAP, M.; MAURER, M.; GUJER, W. Struvite precipitation thermodynamics in source-separated urine. **Water Research**, v.41, p. 977-984, 2007^b.

RONTELTAP, M.; MAURER, M.; GUJER, W. The behaviour of pharmaceuticals and heavy metals during struvite precipitation in urine. **Water Research**, v.41, p.1859-1868, 2007^a.

RONTELTAP, M.; MAURER, M.; HAUSHERR, R.; GUJER, W. Struvite precipitation from urine-influencing factors on particle size. **Water Research**, v.44, p.2038-2046, 2010.

ROSENQUIST, L. E. D. A psychosocial analysis of the human-sanitation nexus. **Journal of Environmental Psychology**, v.25, p.335-346, 2005.

RUAS, L. D.; BRANDÃO, I. M de M.; CARVALHO, M. A. T.; SOARES, M. H. P.; MATIAS, R. F.; GAVA, R. C. **Metodologia Participativa de Extensão Rural para o Desenvolvimento Sustentável – MEXPAR**. Belo Horizonte, 2006. 134p.

RUDDLE, D. **The recovery of phosphorus as struvite from synthetic wastewater using industrial magnesium hydroxide**. 2013. 89 f. Dissertation (Master of Science in Environmental Engineering) - School of Civil and Engineering and Geosciences, Newcastle University, 2013.

RUNGE-METZGER, A. closing the cycle: obstacles to efficient p management for improved global food security. SCOPE 54 – Phosphorus in the Global Environment – Transfers, Cycles and Management, 1995.

RYU, H. D.; LIM, C. S.; KANG, M. K. Evaluation of struvite obtained from semiconductor wastewater as a fertilizer in cultivating Chinese cabbage. **Journal of Hazardous Materials**, v.221, p.248-255, 2012.

SAFLEY JÚNIOR, L. M.; WESTERMAN, P. W.; BARKER, J. C.; KING, L. D. Planta nitrogênio disponível em esterco de chorume. **Americano Sociedade de Engenheiros Agrônomos Paper**, p.84-2648, 1984.

SALDANHA, F. **Introdução a planos de continuidade e contingência operacional**. Ed. revis. Rio de Janeiro: Editora Papel Virtual, 2000.

SÁNCHEZ, M. S. **Introducción a la confiabilidad y evaluación de Riegos**. Bogotá-Colombia: Ediciones Unidos, 2005, 466p.

SANCHEZ, P. A. Ecology - soil fertility and hunger in Africa. **Science**, v.295, p.2019-2020, 2002.

SANDERS, M. S.; McCORMICK, E. J. **Human Error, Accidents, and Safety**. In: HUMAN FACTORS IN ENGINEERING AND DESIGN. 7Ed. New York: McGraw-Hill, p. 655- 695, 1993.

SANDERSON, H.; JOHNSON, D. J.; WILSON, C. J.; BRAIN, R. A.; SOLOMON, K. R. Probabilistic hazard assessment of environmentally occurring pharmaceuticals toxicity to fish, daphnids and algae by ECOSAR screening. **Toxicology Letters**, v.144, p.383-395, 2003.

SANTOS, L. H.; ARAÚJO, A. N.; FACHINI, A.; PENA, A.; DELERUE-MATOS, C.; MONTENEGRO, M. C. Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. **Journal of Hazardous Materials**, v.175, n.1-3, p.45-95, 2010.

SASSE, A. **Sanitation Concepts for Separate Treatment of Urine, Faeces and Greywater**. Task 8, Fertilizer usage. Berlim, 2005.

SAUNDERS, W. H. M. Effects of cow urine and its major constituents on pasture properties. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.25, p.61-68, 1982.

SCHINDLER, D. W.; CARPENTER, S. R.; CHAPRA, S. C.; HECKY, R. E.; ORIHIEL, D. M. Reducing phosphorus to curb lake eutrophication is a success. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n.17, p.8923-8929, 2016.

SCHOLZ, R. W.; ROY, A. H.; BRAND, F. S.; HELLUMS, D. T.; ULRICH, A. E. Sustainable Phosphorus Management: A Global Transdisciplinary Roadmap. Springer, Dordrecht, 2014.

SCHÖNNING, C. **Recommendation for the re-use of urine and faeces in order to minimize the risk for disease transmission**. Swedish Institute for Infectious disease control. Stockholm, Sweden. 2001.

SCHÖNNING, C. Recommendations for the reuse of urine and faeces in order to minimize the risk for disease transmission. In: WERNER, C.; AVENDAÑO, V.; DEMSAT, S.; EICHER, I.; HERNANDEZ, L.; JUNG, C.; KRAUS, S.; LACAYO, I.; NEUPANE, K.; RABIEGA, A.; WAFLE M. In: ECOSAN-CLOSING THE LOOP - PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL SANITATION, Lübeck, Germany, p.397-406, 2004.

SCHÖNNING, C.; LEEMING, R.; STENSTRÖM, T. A Faecal contamination of source-separated human urine based on the content of faecal sterols. **Water Research**, v.36, n.8, p.1965-1972, 2002.

SCHÖNNING, C.; STENSTRÖM, T. A. **Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems**. EcoSanRes report 2004, Stockholm Environment Institute, Sweden, 2004. 38p.

SCHOUW, N. L.; DANTERAVANICH, S.; MOSBAEK, H.; TJELL, J. C. Composition of human excreta – a case study from Southern Thailand. **Science of the Total Environment Journal**, v.286, n.1-3, p.155-166, 2002.

SHEERAN, P.; HARRIS, P. R.; EPTON, T. Does Heightening Risk Appraisals Change People's Intentions and Behavior? A Meta-Analysis of Experimental Studies. **Psychological Bulletin**, 2013, 33p.

SHU, L.; SCHNEIDER, P.; JEGATHEESAN, V.; JOHNSON, J. An economic evaluation of phosphorus recovery as struvite from digester supernatant, **Bioresource Technology**, v. 97, p.2211-2216, 2006.

SHUVAL, H.; LAMPERT, Y.; FATTAL, B. Development of a risk assessment approach for evaluating wastewater reuse standards for agriculture. **Water Science and Technology**, v.35, n.11-12, p.15-20, 1997.

SILVA, K. O. da; MIRANDA, J. H. de; DUARTE, S. N.; FOLEGATTI, M. V. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.161-165, 2005.

SILVA, L. H.; OLIVEIRA, A. A. S. Contribuições do projeto piloto à coleta de dados em pesquisas na área de educação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v.10, n.1, p.225-245, 2015.

SILVA, R. M. N. da; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C. de.; CECON, P. R.; RENNO, L. N.; SILVA, J. M. da. Ureia para vacas em Lactação. 2. Estimativas do Volume Urinário, da Produção Microbiana e da Excreção de Ureia. **Revista - Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1948-1957, 2001.

SIMONS, J. **Eignung nährstoffreicher Substrate aus zentraler und dezentraler Abwasserbehandlung als Düngemittel**. 2008. 167 f. Thesis (Doktor der Agrarwissenschaften), Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz - Fachbereich Pflanzenernährung - der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Bonn, Germany, 2008.

SIMONS, J.; CLEMENS, J. **The use of separated human urine as mineral fertiliser**. In: ECOSAN – CLOSING THE LOOP. PROCEEDINGS OF THE 2ND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL SANITATION, INCORPORATING THE 1ST IWA SPECIALIST GROUP CONFERENCE ON SUSTAINABLE SANITATION, Lübeck, Germany, p. 595-600, 2004.

SINGH, J.; KUNHIKRISHNAN, A.; BOLAN, N. S.; SAGGAR, S. Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine. **Science of the Total Environment**, v.465, p.56-63, 2013.

SJÖBERG, L. **Perceived risk vs demand for risk reduction**. Stockholm: Center for Risk Research, Stockholm School of Economics, 1994.

SJÖBERG, L.; FROMM, J. Information technology risks as seen by the public. **Risk Analysis**, v.21, p.427-441, 2001.

SLOVIC, P. Perception of risk. **Science, New Series**, v.236, n.4799, p.280-285, 1987.

SLOVIC, P. Perception of risk: Reflexions on the psychometric paradigm. In: Krimsky S, Golding D, organizadores. **Social theories of risk Nova York: Praeger**, p.117-152, 1992.

SLOVIC, P. **The perception of risk**, London: Earthscan Publications, 2000.

SLOVIC, P. Trust, emotion, sex, politics and science: Surveying the risk assessment battlefield. **Risk Analysis**, v.19, n.4, p.689-701, 1999.

SLOVIC, P.; FISCHHOFF, B.; LICHTENSTEIN, S. **Facts and fears: understanding perceived risk**. Societal risk assessment: How safe is safe enough? Nova York: Plenum Press, p.181-214, 1980.

- SLOVIC, P.; FISCHHOFF, B.; LICHTENSTEIN, S. **Perceived risk:** psychological factors and social implications. Proceedings of the Royal Society, Londres, v.376, n.1764, p.17-34, 1981.
- SMIL, V. Phosphorus in the environment: natural flows and human interferences. **Annual Review of Energy and the Environment**, v.25, p.53-88, 2000.
- SMITHSON, M. **Ignorance and uncertainty:** emerging paradigms. Spriger-Verlag: New York; 1989.
- SOARES, W. C; ALVES, W. C.; ZANELLA, L.; CHIEKA, A. J. Alternativas simples para coleta de urina em escritório e comparação de sistemas de filtração para obtenção da estruvita visando aproveitamento de nutrientes. In: 26° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011.
- SOUSA, J. T.; HENRIQUE, I. N.; LOPES, W. S.; LEITE, V. D. Gerenciamento sustentável de água residuárias doméstica. **Revista Saúde e Ambiente**, v.9, n.1, p. 38-46, 2008.
- SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de Riscos Ambientais:** Teoria e Aplicações. Fortaleza: Edições UFC, 2009.
- SOUZA, N. A. de. **Avaliação do comportamento de vacas leiteiras em ordenha mecânica.** 2007. 18 f. Monografia (Graduação em Zootecnia) – Departamento de Zootecnia, Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007a.
- SOUZA, W. de. **Técnicas de Microscopia Eletrônica Aplicadas às Ciências Biológicas.** 2 ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia, 2007b, 357 p.
- SRIDEVI, G.; SRINIVASAMURTHY, C. A.; BHASKAR, S.; VISWANATH, S. Evaluation of source separated human urine (ALW) as a source of nutrients for banana cultivation and impact on quality parameter. ARPN: **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.4, n.5, p.44-48, 2009.
- STEEN, I. Phosphorus availability in the 21st century: management of a non-renewable resource. **Phosphorus and Potassium**, v.217, p.25-31, 1998.
- STENSTRÖM, T. A.; SEIDU, R.; EKANE, N.; ZURBRÜGG, C. **Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems.** EcoSanRes Programme Stockholm Environment Institute Kräftriket 2B 106 91 Stockholm, Sweden, 2011, 154p.
- STOLZENBURG, P.; CAPDEVIELLE, A.; TEYCHENÉ, S.; BISCANS, B. Struvite precipitation with MgO as a precursor: Application to wastewater treatment. **Chemical Engineering Science**, v.133, p.9-15, 2015.
- STOWA. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer. **Separate urine collection and treatment:** options for sustainable wastewater systems and mineral recovery. STOWA report, p.2002. 105p.
- STRAUSS, M. Human waste use: health protection practices and scheme monitoring, **Water Science & Technology**, v.24, n.9, p.67-79, 1991.
- STRAUSS, M.; BLUMENTHAL, U. J. **Use of human wastes in agriculture and aquaculture.** IRCWD report no 08/90. Duebendorf, Switzerland; 1990.

- SULLIVAN, L. P.; GRANTHAM, J. J. **Physiology of the Kidney**, second ed. Lea & Febiger, Philadelphia, 1982. 236p.
- TADDEO, R.; HONKANEN, M.; KOLPPO, K.; LEPISTÖ, R. Nutrient management via struvite precipitation and recovery from various agroindustrial wastewaters: Process feasibility and struvite quality. **Journal of Environmental Management**, v.212, p.433-439, 2018.
- TANG, X.; WU, M.; LI, R.; WANG, Z. Prospect of recovering phosphorus in magnesium slag-packed wetland filter. **Environmental Science and Pollution Research**, v.24, p.22808-22815, 2017.
- TANSEL, B.; LUNN, G.; MONJE, O. Struvite formation and decomposition characteristics for ammonia and phosphorus recovery: A review of magnesium-ammonia phosphate interactions. **Chemosphere**, v.194, p.504-514, 2018.
- TELES, V. C.; ANDREANI, L.; VALADARES, L. F. Uso de microscopia de luz e eletrônica como técnicas de análise morfológica. **Circular Técnica 15**, 1º EDIÇÃO, 2017, 9p.
- TELZHENSKY, M.; BIRNHACK, L.; LEHMANN, O.; WINDLER, E.; LAHAV, O. Selective separation of seawater Mg^{2+} ions for use in downstream water treatment processes, **Chemical Engineering Journal**, v.175, p.136-143, 2011.
- TETTENBORN, F.; BEHRENDT, J.; OTTERPOHL, R. **Resource recovery and removal of pharmaceutical residues** – Treatment of separate collected urine. Instituto e Gestão de Águas Residuárias e Proteção da Água, Universidade de Tecnologia de Hamburg-Harburg - TUHH, 2007. 119p.
- TIDAKER, P.; MATTSSON, B.; JONSSON, H. Environmental impact of wheat production using human urine and mineral fertilizers e a scenario study. **Journal of Cleaner Production**, v.15, p.52-62, 2007.
- TILLEY, E.; ATWATER, J.; MAVINIC, D. Effects of storage on phosphorus recovery from urine. **Environmental Technology**, v.29, pp.807-816, 2008.
- TILLEY, E.; GANTENBEIN, B.; KHADKA, R.; ZURBRU, G. G. C.; UDERT, K. Social and economic feasibility of struvite recovery from Urine at the community level in Nepal. In: PRESENTED AT THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON NUTRIENT RECOVERY FROM WASTEWATER STREAMS, Vancouver, Canadá, p.169-178, 2009.
- TOBAR, F.; YALOUR, M. R. **Como fazer teses em saúde pública: conselhos e ideias para formular projetos e redigir teses e informes de pesquisas**. Rio de Janeiro Fiocruz, 2004. 172p.
- TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. **FMEA- Análise do tipo e efeito de falha**. GEPEQ – Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade. UFSCar, 2006, 12p.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiology: an introduction**. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California, USA, p.141-185, 1992.

- TOUCHON, M.; HOEDE, C.; TENAILLON, O.; BARBE, V.; BAERISWYL, S.; BIDET, P.; BINGEN, E.; BONACORSI, S.; BOUCHIER, C.; BOUVET, O.; CALTEAU, A.; CHIAPELLO, H.; CLERMONT, O.; DENAMUR, E. Organised genome dynamics in the *Escherichia coli* species results in highly diverse adaptive paths. **PLOS Genet**, v.5, n.1, p.1000344.
- TRAN, A. T.; ZHANG, Y.; DE CORTE, D.; HANNES, J.B.; YE, W.; MONDAL, P.; JULLOK, N.; MEESSCHAERT, B.; PINOY, L.; VAN DER BRUGGEN, B. P-recovery as calcium phosphate from wastewater using an integrated electro dialysis/crystallization process. **Journal of Cleaner Production**. v.77, p.140-151, 2014.
- UDERT, K. M.; LARSEN, T. A.; GUJER, W. Estimating the precipitation potential in urine-collecting systems. **Water Research**, v.37, p.2667–2677, 2003.
- UDERT, K.M.; LARSEN, T.A.; GUJER, W. Fate of major compounds in source-separated urine. **Water Science Technology**, v.54, n.11-12, p.413-420, 2006.
- UNICEF. United Nations Children's Fund and WHO - World Health Organization. **Progress on Drinking Water and Sanitation**-update and MDG assessment, 2015. 90p.
- UYSAL, A.; YILMAZEL, Y. D.; DEMIRER, G. N. The determination of fertilizer quality of the formed struvite from effluent of a sewage sludge anaerobic digester. **Journal of Hazardous Materials**, v.181, n.1-3, p. 248-254, 2010.
- VAHTER, M.; BERGLUND, M.; LIND, B.; JORHEM, L.; SLORACH, S.; FRIBERG, L. Personal monitoring of lead and cadmium exposure – A Swedish study with special reference to methodological aspects. **Scandinavian Journal of Work, Environment and Health**, v.17, p. 65-74, 1991.
- VAN ELSAS, J. D.; SEMENOV, A. V.; RODRIGO COSTA, R.; JACK T TREVORS. Survival of *Escherichia coli* in the environment: fundamental and public health aspect. **The International Society for Microbial Ecology Journal**, v.5, p.173-183, 2011.
- VAREL, V. H.; NIENABER, J. A. FREETLY, H. C. Conservation of nitrogen in cattle feedlot waste with urease inhibitors. **Journal of Animal Science**, v.77, p.1162-1168, 1999.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2011. 94p.
- VEYRET, Y. **Os riscos**: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Ed. Contexto: São Paulo, 2007. 320p.
- VINNERÅS, B. **Faecal Separation and Urine Diversion for Nutrient Management of Household Biodegradable Waste and Wastewater** Report 245. Uppsala: Department of Agricultural Engineering, SLU, 2001. 90p.
- VINNERÅS, B. **Possibilities for Sustainable Nutrient Recycling by faecal Separation Combined with Urine Diversion**. 2002. 88 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola de Uppsala. Universidade Sueca de Ciências Agrárias, 2002.

- VINNERÅS, B., PALMQUIST, H., BALMÉR, P., WEGLIN, J., JENSEN, A., ANDERSSON, Å.; JÖNSSON, H. The characteristics of household wastewater and biodegradable waste - a proposal for new Swedish norms. **Urban Water**, v.3, n.1, p.3-11, 2006^b.
- VINNERÅS, B., PALMQUIST, H.; BALMÉR, P.; JÖNSSON, H. The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste – a proposal for new Swedish design values. **Urban Water Journal**, v.3, n.1, p.3-11, 2006^a.
- VINNERÅS, B.; JÖNSSON, H. The performance and potential of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household wastewater. **Bioresource Technology**, v.84, p.275-282, 2002.
- VINNERÅS, B.; NORDIN, A.; NIWAGABA, C.; NYBERG, K. Inactivation of bacteria and viruses in human urine depending on temperature and dilution rate. **Water Research**, v.42, p.4067-4074, 2008.
- VOGEL, T.; NELLES, M.; EICHLER-LÖBERMANN, B. Phosphorus application with recycled products from municipal waste water to different crop species. **Ecological Engineering**, v.83, p.466-475, 2015.
- VON MÜNCH, E.; WINKER, M. **Technology Review - Urine diversion components: Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems.** Sustainable sanitatio - ecosan program, Eschborn, 2011. 32p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2014. 240p.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.1, 3^a edição, 2005, 452p.
- WALLIN, B. Design with Environmental adaption - The Universeum Example. On integration of environmental aspects in the architectural design process. 2002. 155 f. *Thesis* (in Swedish) Department of built environment and sustainable development, Chalmers Univeristy of Technology, Sweden, 2002.
- WANG, H.; WANG, X.; MA, J.; XIA, P.; ZHAO, J. Removal of cadmium (II) from aqueous solution: A comparative study of raw attapulgitic clay and a reusable waste–struvite/attapulgitic obtained from nutrient-rich wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v.329, p.66-76, 2017.
- WANG, J. X.; ROUSH, R. L. What every engineer should know about risk engineering and management. New York: Marcel Dekker, 2000.
- WANG, Y.; TONG, Z.; WANG, L.; SHENG, G.; YU, H. Effective flocculation of *Microcystis aeruginosa* with simultaneous nutrient precipitation from hydrolyzed human urine. **Chemosphere**, v.193, p.472-478, 2018.
- WERNER, C.; FALL, P. A.; SCHLICK, J.; MANG, H.-P. Reasons for and principles of ecological sanitation. In: 2nd INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECOLOGICAL SANITATION, 2, 2003, Luebeck. **Anais eletrônicos...** Luebeck, Germany: GTZ, 2003a.

WERNER, C.; PANESAR, A.; BRACKEN, P.; MANG, H. P.; HUBA-MANG, E.; GEROLD, A. M.; DEMSAT, S.; EICHER, I. An ecosan source book for the preparation and implementation of ecological sanitation projects. In: 2nd DRAFT-10/2003, GTZ, 2003b.

WERNER, C.; PANESAR, A.; RÜD, S. B.; OLT, C. U. Ecological sanitation: Principles, technologies and project examples for sustainable wastewater and excreta management. **Desalination**, v. 248, p.392-401, 2009.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater - excreta and greywater use in agriculture**. World Health Organization, Geneva, v.3, 2006.

WHO/UNICEF. World Health Organization/United Nations Children's Fund: Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. USA. ISBN 92 4 156202 1; 2000.

WIEDEMANN, P. M. **Introduction risk perception and risk communication**. Jülich: Programme Group Humans; Environment, Technology (MUT), Research Centre Jülich, 1993.

WILSENACH, J. A.; SCHUURBIERS, C. A. H.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M. Phosphate and potassium recovery from source separated urine through struvite precipitation. **Water Research**, v.41, p.458-466, 2007.

WILSENACH, J. A.; VAN LOOSDRECHT, M. Impact of separate urine collection on wastewater treatment systems. **Water Science & Technology**, v.48, n.1, p.103-10, 2003.

WINKER, M.; CLEMENS, J.; REICH, M.; GULYAS, H.; OTTERPOHL, R. Ryegrass uptake of carbamazepine and ibuprofen applied by urine fertilization. **Science of the Total Environment**. v.408, p.1902-1908, 2010.

WINKER, M.; VINNERÅS, B.; MUSKOLUS, A.; ARNOLD, U.; CLEMENS, J. Fertiliser products from new sanitation systems: Their potential values and risks. **Bioresource Technology**, v.100, p.4090-4096, 2009.

WOLGAST, M. Rena watten. **Om tankar I kretslopp**. Creamon HB Uppsala, 1993. 186p.

WPCF. Water Pollution Control Federation. **Nutrient control: Manual of Practice FD-7 – Facilities Design**. Prepared by Task Force of Nutrient Control, Water Pollution Control Fed. 1983. 205p.

WU, C.; PENG, Y.; WANG, S.; LI, B.; ZHANG, L.; CAO, S.; DU, R. Mechanisms of nitrite addition for simultaneous sludge fermentation/nitrite removal (SFNR). **Water Research**, v.64, p.13-22, 2014.

XAVIER, L. D.; CAMMAROTA, M. C.; YOKOYAMA, L.; VOLSCHAN JUNIOR, I. Study of the recovery of phosphorus from struvite precipitation in supernatant line from anaerobic digesters of sludge. **Water Science and Technology**, v.69, n.7, p.1546-1551, 2014.

XIAO, D.; HUANG, H.; ZHANG, P.; GAO, Z.; ZHAO, N. Utilizing the supernatant of waste sulfuric acid after dolomite neutralization to recover nutrients from swine wastewater. **Chemical Engineering Journal**, v.337, p.265-274, 2018.

XU, K.; LIN, F.; DOU, X.; ZHENG, M.; TAN, W.; WANG, C. Recovery of ammonium and phosphate from urine as value-added fertilizer using wood waste biochar loaded with magnesium oxides. **Journal of Cleaner Production**, v.187, p.205-214, 2018.

YAO, S.; CHEN, L.; GUAN, D.; ZHANG, Z.; TIAN, X.; WANG, A.; WANG, G.; YAO, Q.; PENG, D.; LI, J. On-site nutrient recovery and removal from source-separated urine by phosphorus precipitation and short-cut nitrification-denitrification. **Chemosphere**, v.175 p.210-218, 2017.

YATES, F.; STONE, E. The Risk Construct. In: YATES F, (org.) **Risk-taking behavior**, Chichester: Wiley, 1992.

YE, Z.; SHEN, Y.; YE, X.; ZHANG, Z.; CHEN, S.; SHI, J. Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: property of aggregates. **Journal of Environmental Sciences**, v.26, n.5, p.991-1000, 2014.

YETILMEZSOY K, SAPCI-ZENGİN Z. Recovery of ammonium nitrogen from the effluent of UASB treating poultry manure wastewater by MAP precipitation as a slow release fertilizer. **Journal of Hazardous Materials**, v.166, p.260-269, 2009.

YETILMEZSOY, K., TURKDOĞAN, F. I. GUNAY, A., YILMAZ, T., KALELI, M. Medicinal plants grown in soil amended with struvite recovered from anaerobically pretreated poultry manure wastewater. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, v.23, n.1, p. 261-270, 2013.

YETILMEZSOY, K.; ILHAN, F.; KOCAK, E.; AKBIN, H. M. Feasibility of struvite recovery process for fertilizer industry: A study of financial and economic analysis. **Journal of Cleaner Production**, v.152, p.88-102, 2017.

ZAMORA, P.; GEORGIEVA, T.; HEIJNE, A. T.; SLEUTELS, T. H. J. A.; JEREMIASSE, A. W.; SAAKES, M.; BUISMAN, C. J. N.; KUNTKE, P. Ammonia recovery from urine in a scaled-up Microbial Electrolysis Cell. **Journal of Power Sources**, v.356, p. 491-499, 2017.

ZANCHETA, P. G. **Comportamento de antibióticos da classe das fluoroquinolonas na urina humana durante tratamento para reciclagem de nutrientes via estocagem e evaporação**. 2012. 188 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola**. 2007. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

ZANCHETTA, P. G.; PENA, A.; GONÇALVES, R. F.; Desenvolvimento e validação de método para quantificação simultânea de ofloxacina, norfloxacina e ciprofloxacina em urina humana. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.20, n.2, p. 307-314, 2015.

ZHANG, C.; XU, K.; SU, F.; WANG, C. Review on pilot projects of source separation system. **China Water & Wastewater**, v.31, p.28-33, 2015.

ZHANG, Q.; ZHAO, S. P.; YE, X. Z.; XIAO, W. D Effects of organic substances on struvite crystallization and recovery. **Desalination and Water Treatment**, v.57, p.10924-10933, 2016.

ZHANG, T.; DING, L.L.; REN, H.Q. Pretreatment of ammonium removal from landfill leachate by chemical precipitation, **Journal of Hazardous Materials**, v.166, p.911-915, 2009.

ZHANG, T.; FANG, C.; LI, P.; JIANG, R. Nutrient recovery from piggy wastewater by enhancing struvite crystallization process. **Applied Mechanics and Materials**, v.522-524, p.579-583, 2014.

ZUCCATO, E.; CALAMARI, D.; NATANGELO, M.; FANELLI, R. Presence of therapeutic drugs in the environment. **Lancet**, v.355, p.1789-1790, 2000.



UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

APÊNDICE A

FORMULÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DE POTENCIAIS PERIGOS E EVENTOS PERIGOSOS

Data:		Identificação de potenciais perigos e eventos perigosos					
Coordenador:							
Item	Etapas do processo de produção e uso da estruvita	Potenciais eventos perigosos	Tipos de perigos				
			Biológico	Físico	Químico	Acidental	Ergonômico
1	Produção de urina (bombonas do banheiro)	Ato de urinar nos mictórios secos					
2	Coleta de urina segregada	Coleta de urina humana (esvaziamento de mictórios secos)					
		Coleta de urina bovina com balde (durante a ordenha)					
3	Transporte	Transporte manual de carga (utilização de carrinho de carga para transportar as bombonas cheias de urina)					
		Transporte motorizado e operação de esvaziamento (Longas distâncias e grandes volumes de urina)					
4	Estocagem	Processo de estocagem de urina (bombonas plásticas e escuras)					
5	Técnica de recuperação de nutrientes	Precipitação química da estruvita (Jar-test, cristalizadores e outros)					
6	Filtração	Filtração (membranas filtrantes, filtro de café, Peneira granulométrica de aço inox e outros)					
7	Reuso	Utilização de subproduto da precipitação (Sobrenadante)					
8	Secagem	Secagem solar dos cristais de estruvita (recuperação energética de até 85%)					
9	Uso agrícola	Aplicação da estruvita como fertilizante agrícola					
10	Consumo de alimentos	Consumo de alimentos fertirrigado com sobrenadante (sobrenadante utilizados na irrigação e que permanece em vegetais não folhosos e folhosos)					
		Consumo de alimentos adubado com estruvita					

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO MISTO SEMI-ESTRUTURADO

1. Declaro ter tido acesso às formas de contato com a pesquisadora e Comitê de Ética e Pesquisa/UFES, declaro ainda ter lido o TCLE e entendido todos os termos expostos e que, voluntariamente:

- ACEITO participar desta pesquisa
 NÃO ACEITO participar desta pesquisa

2. Sexo:

- Masculino
 Feminino

3. Idade:

_____.

4. Grau seu nível de instrução (escolaridade):

- | | |
|---|---|
| <input type="radio"/> Sem escolaridade | <input type="radio"/> Formação técnica |
| <input type="radio"/> Ensino fundamental incompleto | <input type="radio"/> Superior incompleto |
| <input type="radio"/> Ensino fundamental completo | <input type="radio"/> Superior completo |
| <input type="radio"/> Ensino médio incompleto | <input type="radio"/> Especialização (Mestrado/doutorado) |
| <input type="radio"/> Ensino médio completo | <input type="radio"/> Não sei informar |

5. Qual é a sua atuação frente ao grupo de agricultores da sua comunidade? Você considera a sua atuação representativa?

_____.



UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

6. Quantos anos de atuação na atividade/agricultura?

_____.

7. Qual a sua modalidade de produção agrícola atual?

- Com certificação orgânica
- Em transição para a Certificação orgânica
- Modelo de agricultura convencional com uso racional de insumos

8. Durante o manejo com substâncias ou produtos autorizados para o uso como fertilizantes agrícola, seja em sistemas orgânicos de produção ou no modelo convencional de agricultura, você toma algum tipo cuidado durante o armazenamento e na aplicação do mesmo?

Se sim, relate
quais:

_____.

9. Como você aprendeu a utilizar os fertilizantes?

Relate
como:

_____.

10. Você já foi alertado sobre os riscos associados ao manejo dos fertilizantes?

- Sim
- Não

Se sim, quem o
alertou?

_____.



UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

11. Você estaria disposto (a) produzir seu próprio fertilizante?

Sim

Não

Se não, relate o motivo da não
aceitação: _____

_____.

12. Quais das alternativas abaixo você utilizaria para produzir seu próprio fertilizante?

Lodo de esgoto

Urina de vaca

Nenhuma das alternativas*

Efluentes industriais

Urina humana

Efluentes de suinocultura

Chorume de aterro sanitário

*Caso opte pela opção "Nenhuma das alternativas" pule para questão 12.

13. Qual destas alternativas, você não usaria de forma alguma para produzir seu próprio fertilizante?

Lodo de esgoto

Urina de vaca

Efluentes industriais

Urina humana

Efluentes de suinocultura

Chorume de aterro sanitário

Relate o motivo da
rejeição: _____

_____.

14. Você acredita que seja possível produzir um fertilizante agrícola usando a sua própria urina?

Sim

Não

Porquê: _____

_____.



UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

15. Você instalaria no banheiro de sua residência um mictório seco (sem descarga hídrica) para uso e posteriormente coletar sua própria urina e de seus familiares, separadamente das fezes?

Sim

Não

Porquê: _____
_____.

16. O que lhe vem em mente ao ouvir a palavra “estruvita”? Você conhece ou já ouviu falar sobre?

_____.

17. Você acredita que um fertilizante produzido a partir da urina, seja ela humana ou animal, possa ocasionar algum problema de saúde ao aplicar e/ou consumir algum alimento produzido com o mesmo?

Sim

Não

Se sim, relate quais são os problemas de saúde: _____

_____.

18. Você teria interesse em participar de uma oficina que lhe ensina a produzir seu próprio fertilizante (estruvita) a partir da urina?

Sim

Não

Se sim, o que te motiva: _____

_____.



UFES

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

APÊNDICE C

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Responsáveis: Esta pesquisa está sendo desenvolvida por **Natanael Blanco Bená Filho**, discente do Curso de Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico – Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGES/UFES), sob orientação da Prof^a. **Dr^a. Fátima Maria Silva**.

O Sr. (a) está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada de Saúde e Agroecologia: análise de riscos do processo de produção da estruvita derivada de águas amarelas e avaliação da percepção de agricultores quanto ao seu uso como fertilizante agrícola.

Justificativa, objetivos e procedimentos da pesquisa: O projeto de pesquisa foca na reciclagem dos nutrientes presentes na urina humana e bovina na forma de estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), com o intuito de potencializar a agricultura familiar no Estado do Espírito Santo através do seu uso agrícola. O desenvolvimento de metodologias que permitam a utilização da urina na produção da estruvita é um trabalho que requer cuidados especiais, haja vista que a urina, seja humana ou animal, é uma excreção que, dependendo do metabolismo, pode apresentar baixas concentrações de fármacos, hormônios, metais pesados e patógenos, ambos associados aos riscos a saúde e nas contaminações ambientais. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa é identificar os riscos do processo de produção da estruvita e avaliar a percepção de agricultores quanto ao seu uso como fertilizante agrícola, onde será necessária a presença dos participantes da pesquisa. O instrumento utilizado para coleta de dados será um questionário misto semi-estruturado, onde estima-se um tempo de 20 minutos para a realização de cada entrevista. Diante do tipo de investigação que envolve a pesquisa, serão respeitadas todas as questões éticas envolvidas.

Desconforto e possíveis riscos associados à pesquisa: O risco associado à pesquisa e o de não aceitação da metodologia proposta por parte dos agricultores, que ainda não estão acostumados a utilizar a estruvita como fertilizante agrícola, uma vez que essa prática não é bem difundida no estado, principalmente na área de abrangência do estudo. Contudo, existe o risco envolvendo os participantes, uma vez que, os mesmos podem não conseguir responder o questionário e se sentir constrangidos pelo fato e ou simplesmente não querer participar da pesquisa. Desta forma, é garantido aos mesmos o livre arbítrio.

Benefícios da pesquisa: Depois de findada, a pesquisa poderá contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico. Além de potencializar a agricultura familiar no Estado do Espírito Santo através do seu uso como fertilizante agrícola, onde os próprios participantes da pesquisa serão os principais beneficiados. Ainda, será realizada posteriormente à pesquisa uma capacitação à toda comunidade de agricultores sobre a produção de estruvita; danos: pelas características do trabalho do agricultor e seu perfil, este poderá ser identificado por meio de sua fala, porém, anterior autorização o entrevistado será devidamente informado sobre as possibilidades e riscos.

Esclarecimentos e direitos

Em qualquer momento o entrevistado poderá obter esclarecimentos sobre todos os procedimentos utilizados na pesquisa e nas formas de divulgação dos resultados. Tem também a liberdade e o direito de recusar sua participação ou retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem prejuízo do atendimento usual fornecido pelo pesquisador.

Os responsáveis pela pesquisa poderão ser encontrados no endereço: Centro Tecnológico – Engenharia Ambiental/UFES, Av. Fernando Ferrari, 514, *Campus* Goiabeiras – Vitória – ES, CEP: 29.075-910. Secretaria Acadêmica do PPGES – (27) 3335 2168, no contato: (27) 9 9836-8434 – Email: natanaelblanco@hotmail.com e no contato: (27) 9 9848 -6436 – E-mail: silva.fatima962@gmail.com.

**UFES****UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO****PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

Para o caso de denúncias ou intercorrências com a pesquisa, o CEP deverá ser acionado pelo telefone (27) 3145-9820, pelo e-mail cep.goiabeiras@gmail.com, pessoalmente ou pelo correio, no seguinte endereço: Av. Fernando Ferrari, 514, Campus Universitário, sala 07 do Prédio Administrativo do CCHN, Goiabeiras, Vitória - ES, CEP 29.075-910.

Confidencialidade e avaliação dos registros

As identidades dos entrevistados serão mantidas em total sigilo por tempo indeterminado, tanto pelo executor como pela instituição.

Ressarcimento de despesas e indenizações

Garante-se ao sujeito da pesquisa o ressarcimento, caso haja alguma despesa para participar da pesquisa. Ainda, em caso de eventual dano decorrente da pesquisa é garantido ao participante da pesquisa o direito a buscar indenização.

Consentimento pós-informação

Eu, _____, por me considerar devidamente informado(a) e esclarecido(a) sobre o conteúdo deste termo e da pesquisa a ser desenvolvida, livremente expresse meu consentimento para inclusão, como participante da pesquisa.

Assinatura do Participante Voluntário
Data:

Assinatura do Responsável pela Pesquisa
Data:



UFES - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO -
CAMPUS GOIABEIRAS



ANEXO

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: SAÚDE E AGROECOLOGIA: ANÁLISE DE RISCOS DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA ESTRUVITA DERIVADA DE ÁGUAS AMARELAS E AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE AGRICULTORES QUANTO AO SEU USO COMO FERTILIZANTE

Pesquisador: NATANAEL BLANCO BENA FILHO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 95966518.6.0000.5542

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável

Patrocinador Principal: FUNDAÇÃO DE AMPARO A PESQUISA DO ESPÍRITO SANTO - FAPES

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.012.916

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa foca na reciclagem dos nutrientes presentes na urina humana e bovina na forma de estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), com o intuito de potencializar a agricultura familiar no Estado do Espírito Santo através do seu uso agrícola. O desenvolvimento de metodologias que permitam a utilização da urina na produção da estruvita é um trabalho que requer cuidados especiais, haja vista que a urina, seja humana ou animal, é uma excreção que, dependendo do metabolismo, pode apresentar baixas concentrações de fármacos, hormônios, metais pesados e patógenos, ambos associados aos riscos à saúde e nas contaminações ambientais. Entretanto, esses fatores não se configuram relevantes ao uso agrícola, desde que sejam aplicados os métodos de tratamentos adequados. Contudo, uma das limitações dessa técnica é o risco da aceitação ou não por parte dos agricultores, que ainda é desconhecida. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa identificar os riscos do processo de produção da estruvita e avaliar a percepção de agricultores quanto ao seu uso como fertilizante agrícola. O presente estudo trata-se de uma pesquisa qualitativa, tendo uma base teórica e empírica com finalidade descritiva e exploratória. A pesquisa será desenvolvida em duas etapas metodológicas: Análise qualitativa de risco através da ferramenta FMEA de processo e a Avaliação da percepção de risco, cuja a coleta de dados ocorrerá por meio da aplicação de roteiro de entrevista semi-estruturado. Para a análise dos dados serão criadas categorias e subcategorias de análise que servirão como base para a análise dos resultados. Diante do tipo de investigação que envolve a pesquisa, serão apresentadas e seguidas normas que respeitem as questões éticas.

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 514-Campus Universitário, Prédio Administrativo do CCHN

Bairro: Goiabeiras

CEP: 29.075-910

UF: ES

Município: VITÓRIA

Telefone: (27)3145-9820

E-mail: cep.goiabeiras@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.012.916

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Conhecer a percepção e o grau de aceitabilidade dos médios e pequenos agricultores acerca do uso da estruvita derivada de águas amarelas como fertilizante agrícola.

Objetivo Secundário:

Avaliar os riscos envolvidos nas diferentes etapas da proposta de produção da estruvita;

Conhecer a percepção de risco da população em estudo diante da proposta de produção de estruvita.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O desenvolvimento de metodologias que permitam a utilização da urina humana e bovina na produção de fertilizantes naturais destinados à produção de alimentos mais saudáveis é um trabalho que requer cuidados especiais, haja vista que a urina, seja humana ou animal, é uma excreção que, dependendo do metabolismo, pode apresentar concentrações de fármacos, hormônios, metais pesados e patógenos, ambos associados aos riscos de saúde e nas contaminações ambientais. Entretanto, esses fatores não se configuram relevantes ao uso da urina na atividade agrícola, desde que sejam aplicados os métodos de tratamentos adequados. Outro possível risco existente é o de não aceitação da metodologia proposta por parte dos agricultores, que ainda não estão acostumados com a ideia do uso da urina humana como matéria prima para a fabricação do fertilizante (estruvita) a ser usado na produção de alimentos.

Benefícios:

Os benefícios proporcionados por meio da aplicação agrícola da estruvita se evidenciam devido a sua liberação lenta e ao teor de nutrientes presentes em sua composição que se encontra em níveis equilibrados (BRUIYAN; MAVINIC, KOCH 2008). Entre os principais benefícios gerados a

partir da utilização agrícola da estruvita derivada da urina humana e bovina, destaco: disponibilização de tecnologias para gerenciamento da urina humana e bovina em áreas urbanas e rurais; redução do consumo de água potável em áreas urbanas e rurais; minimização da produção de águas

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 514-Campus Universitário, Prédio Administrativo do CCHN

Bairro: Goiabeiras

CEP: 29.075-910

UF: ES

Município: VITORIA

Telefone: (27)3145-9820

E-mail: cep.goiabeiras@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.012.916

residuárias em áreas urbanas e rurais; geração de um fertilizante natural, sanitariamente seguro e de baixo custo para agricultura familiar; redução de impactos ambientais resultante do lançamento de esgotos e efluentes de origem animal em corpos d'água. Além da diminuição da depleção de

rochas fosfáticas para a fabricação de fertilizantes industriais; recuperação de nutrientes; redução da dependência de agricultores por insumos sintéticos; fortalecimento da agricultura familiar a partir do incremento da agricultura no ES e capacitação de recursos humanos especializados no gerenciamento da urina humana e bovina.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Não há pendência.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

São apresentados os seguintes termos:

- 1- Termo de consentimento livre e esclarecido
- 2- Projeto Detalhado
- 3- Cronograma
- 4- Folha de Rosto
- 5- Orçamento

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

Projeto aprovado por esse comitê, estando autorizado a ser iniciado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1172940.pdf	26/10/2018 09:12:52		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	26/10/2018 09:12:15	NATANAEL BLANCO BENA FILHO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.pdf	26/10/2018 09:11:04	NATANAEL BLANCO BENA FILHO	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	26/10/2018 09:10:05	NATANAEL BLANCO BENA FILHO	Aceito

Endereço: Av. Fernando Ferrari, 514-Campus Universitário, Prédio Administrativo do CCHN

Bairro: Goiabeiras

CEP: 29.075-910

UF: ES

Município: VITORIA

Telefone: (27)3145-9820

E-mail: cep.goiabeiras@gmail.com



UFES - UNIVERSIDADE
FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO -
CAMPUS GOIABEIRAS



Continuação do Parecer: 3.012.916

Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	26/10/2018 09:08:31	NATANAEL BLANCO BENA FILHO	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	20/07/2018 12:13:53	NATANAEL BLANCO BENA FILHO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VITORIA, 09 de Novembro de 2018

Assinado por:
KALLINE PEREIRA AROEIRA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Fernando Ferrari,514-Campus Universitário, Prédio Administrativo do CCHN

Bairro: Goiabeiras

CEP: 29.075-910

IIF: ES

Município: VITORIA

Telefone: (27)3145-9820

E-mail: cep.goiabeiras@gmail.com