

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL

GUSTAVO RAGASSI DE ASSIS COUTO

ANÁLISE AMBIENTAL DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS DA
SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO – MG.

UBERLÂNDIA, MG

2019

GUSTAVO RAGASSI DE ASSIS COUTO

ANÁLISE AMBIENTAL DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS DA
SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO – MG.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Adriane de Andrade Silva

Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Sueli Moura Bertolino

UBERLÂNDIA, MG

2019

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C871 2019	<p>Couto, Gustavo Ragassi de Assis, 1993- Análise ambiental de sistemas de tratamento de dejetos da suinocultura no município de Patrocínio - MG [recurso eletrônico] / Gustavo Ragassi de Assis Couto. - 2019.</p> <p>Orientadora: Adriane de Andrade Silva. Coorientadora: Sueli Moura Bertolino. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Qualidade Ambiental. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di. 2019.2052 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Desenvolvimento sustentável. I. Silva, Adriane de Andrade, 1972-, (Orient.). II. Bertolino, Sueli Moura , 1977- (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título. CDU: 502.33</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

GUSTAVO RAGASSI DE ASSIS COUTO

ANÁLISE AMBIENTAL DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE DEJETOS DA
SUINOCULTURA NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO – MG.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Uberlândia, 22 de fevereiro de 2019.

Profa. Dra. Sueli Moura Bertolino (Coorientadora)

UFU

Profa. Dra. Bruna Fernanda Faria Oliveira

UFU

Prof. Dr. Eduardo Delloso Penteadó

UNIFESP

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

UFU

Profa. Dra. Adriane de Andrade Silva ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA, MG
2019

Dedico este trabalho, com muito amor e carinho, aos meus pais, Ana Rita e Silvio; à minha noiva, Andreza; à minha irmã, Patrícia, e a todos aqueles que contribuíram positivamente para esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e a todo espírito de luz pelo auxílio transmitido em todos os momentos de minha vida, não sendo diferente nesta etapa, minha gratidão por alcançar mais uma etapa nesta trajetória.

Aos meus pais, por toda educação, incentivose esforços não medidos. À minha mãe, Ana Rita, por toda ternura, dedicação e amor constate. Ao meu pai, Silvio, pela compreensão, serenidade e apoio inestimável de sempre. À minha noiva, Andreza, pela motivação, companheirismo e paciência em todos os obstáculos enfrentados juntos. À minha irmã, Patrícia, e a meu cunhado, Guilherme, pela alegria e amizade em todos os momentos. Aos meus pais de coração, Ana Maria e Florêncio, pela preocupação, confiança e cooperação sempre presentes. Aos meus sogros, Célida e Silvânio, e cunhados, Michelle e Felipe, por todo carinho, cuidado e maravilhoso apoio familiar de sempre. Ao meu padrasto, José Augusto, pelo respeito, suporte e conselhos depositados.

À minha orientadora, Adriane de Andrade Silva, pela honrosa orientação, paciência e assistência nestes dois últimos anos e, ainda, pela transmissão de todo o conhecimento e evolução profissional e humana. À minha coorientadora, Profa. Dra. Sueli Moura Bertolino, pela confiança, oportunidades e contribuição profissional. Aos meus professores, Bruna Fernanda Faria de Oliveira, Hudson de Paula Carvalho e Fábio Augusto do Amaral, por disseminarem seus conhecimentos e contribuírem para o meu progresso profissional. Aos técnicos, Glaicon e Marília, pelos momentos de atenção e esclarecimentos das minhas dúvidas.

A todos os colegas e amigos adquiridos no PPGMQ. Aos fiéis companheiros de jornada, Marcelo José Pereira, Fernando Matias e Pedro Durant. Em especial, ao meu brother, Gabriel Sousa Alves, por contribuir de maneira significativa doando, em todo instante, o melhor de sua pessoa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo fomento, apoio financeiro e consolidação do programa de pós-graduação stricto sensu em Qualidade Ambiental e demais programas no Brasil.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia (UFU), à Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental – UFU pelo incentivo à pesquisa

e ao desenvolvimento sustentável e ambiental.

Agradeço a Welington Brito pelo apoio e logística para realização dos estudos de caso.

Aos proprietários e funcionários dos empreendimentos rurais disponibilizados e à Secretaria de Meio Ambiente de Patrocínio, por acreditarem que a ciência e os estudos ambientais são uma ferramenta para a melhoria de nossos sistemas produtivos e sustentabilidade.

Agradeço pela concessão de bolsa de estudos à agência CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), que forneceu a bolsa durante estes anos de estudo.

A todos que colaboraram, direta ou indiretamente, na produção deste trabalho.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 OBJETIVO.....	15
2.1 Geral.....	15
2.2 Específico.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 Suinocultura.....	15
3.2 Suinocultura e o meio ambiente.....	16
3.3 Licenciamento Ambiental da suinocultura no Brasil.....	18
3.3.1 Licenciamento Ambiental da suinocultura no estado de Minas Gerais.....	19
3.4 Produção e características dos dejetos da suinocultura.....	21
3.5 Manejo dos dejetos da suinocultura.....	24
3.5.1 Esterqueiras.....	25
3.5.2 Lagoas de estabilização.....	26
3.5.3 Cama sobreposta e compostagem.....	29
3.5.4 Biodigestores Canadenses.....	31
3.5.4.1 Processo de Digestão anaeróbia.....	33
3.5.4.2 Subprodutos gerados no sistema de tratamento por biodigestor canadense.....	36
3.6 Legislação ambiental do padrão de destinação.....	37
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
4.1 Local de estudo.....	41
4.2 Descrição dos locais dos estudos de casos.....	42
4.2.1 Propriedades escolhidas.....	42
4.2.2 Propriedade A.....	43
4.2.3 Propriedade B.....	45
4.2.4 Propriedade C.....	48
4.3 Definição dos sistemas de tratamento.....	54
4.4 Caracterização dos sistemas de criação e tratamento dos dejetos da suinocultura.....	54
4.5 Análise de documentos ambientais em cada sistema de tratamento.....	55
4.6 Recomendações de melhorias.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5.1 Propriedade A.....	57
5.1.1 Caracterização e disposição final dos resíduos advindos da suinocultura.....	57
5.1.2 Caracterização do sistema de tratamento dos efluentes e disposição final dos subprodutos da suinocultura.....	61

5.1.2.1 Compostagem mecanizada e seu subproduto formado.....	63
5.1.2.2 Lagoa de estabilização e seu subproduto formado.....	65
5.1.3 Documentos e análise ambiental.....	67
5.1.4 Recomendações para suinocultura da Propriedade A.....	73
5.2 Propriedade B.....	75
5.2.1 Caracterização e disposição final dos resíduos advindos da suinocultura.....	75
5.2.2 Caracterização do sistema de tratamento dos efluentes e disposição final dos subprodutos da suinocultura.....	78
5.2.2.1 Lagoa de estabilização 1.....	79
5.2.2.2 Lagoa de estabilização 2.....	80
5.2.3 Documentos e análise ambiental.....	83
5.2.4 Recomendações para suinocultura da Propriedade B.....	85
5.3 Propriedade C.....	86
5.3.1 Caracterização e disposição final dos resíduos advindos da suinocultura.....	86
5.3.2 Caracterização do sistema de tratamento dos efluentes e disposição final dos subprodutos da suinocultura.....	89
5.3.2.1 Separador de sólidos.....	90
5.3.2.2 Biodigestores Canadenses.....	94
5.3.2.3 Lagoas de estabilização.....	95
5.3.3 Documentos e análise ambiental.....	97
5.3.4 Recomendações para suinocultura da Propriedade C.....	102
5.4 Síntese dos estudos de casos.....	103
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
7 CONCLUSÕES.....	109
8 REFERÊNCIAS.....	110
ANEXO.....	118
APÊNDICES.....	119

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01	Modelo de esterqueira Embrapa.....	25
FIGURA 02	Fluxograma do sistema completo de tratamento por lagoas.....	28
FIGURA 03	Unidade de compostagem automatizada instalada em Concórdia - SC.....	30
FIGURA 04	Estrutura básica do biodigestor canadense.....	32
FIGURA 05	Rotas metabólicas e grupos de micro-organismos da biodigestão anaeróbia.	34
FIGURA 06	Mapa de localização de Patrocínio, Minas Gerais.....	41
FIGURA 07	Vista superior da suinocultura da Propriedade A.....	44
FIGURA 08	Galpão e criação de suínos da Propriedade A.....	45
FIGURA 09	Vista superior da suinocultura da Propriedade B.....	46
FIGURA 10	Galpão e criação de suínos da Propriedade B.....	47
FIGURA 11	Unidade 1 de suinocultura da Propriedade C.....	49
FIGURA 12	Unidade 2 de suinocultura da Propriedade C.....	51
FIGURA 13	Galpão e criação de suínos da Propriedade C.....	53
FIGURA 14	Fluxograma geral dos sistemas de tratamento estudados.....	54
FIGURA 15	Área de compostagem dos suínos mortos da Propriedade A.....	58
FIGURA 16	Fluxograma do sistema de tratamento de Propriedade A.....	61
FIGURA 17	Tanque de equalização cilíndrico da Propriedade A.....	62
FIGURA 18	Sistema de compostagem mecanizada da Propriedade A.....	63
FIGURA 19	Lagoa de estabilização da Propriedade A.....	65
FIGURA 20	Disposição superficial do efluente de suínos em solo degradado.....	66
FIGURA 21	Sistema de captação por poço canadense da Propriedade A.....	69
FIGURA 22	Área de compostagem dos suínos mortos da Propriedade B.....	75
FIGURA 23	Farmácia veterinária da Propriedade B.....	76
FIGURA 24	Fluxograma do sistema de tratamento da Propriedade B.....	78
FIGURA 25	Lagoa de estabilização 1 da Propriedade B.....	79
FIGURA 26	Lagoa de estabilização 2 da Propriedade B.....	81
FIGURA 27	Área de compostagem dos suínos mortos e afins da Propriedade C.....	87
FIGURA 28	Fluxograma do sistema de tratamento da Propriedade C.....	90
FIGURA 29	Caixa de inspeção e tanque de equalização da Propriedade C.....	91
FIGURA 30	Galpão de separação dos sólidos grosseiros da Propriedade C.....	92
FIGURA 31	Área de remoção dos sólidos da Propriedade C.....	93
FIGURA 32	Biodigestores Canadenses de uma unidade de tratamento da Propriedade C.	94
FIGURA 33	Lagoas 1 e 2 da unidade 1 de tratamento da Propriedade C.....	96
FIGURA 34	Lagoa 3 da unidade 1 de tratamento da Propriedade C.....	96

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01	Alternativas possíveis do Licenciamento Ambiental Concomitante-MG.....	19
QUADRO 02	Composição físico-química média dos dejetos de suínos	23
QUADRO 03	Micro-organismos e doenças relacionados com águas poluídas.....	24
QUADRO 04	Padrão de lançamento de efluentes.....	39
QUADRO 05	Valores máximos para lançamento de efluentes em cursos hídricos.....	39
QUADRO 06	Classificação e orientação para a qualidade de solos.....	40
QUADRO 07	Galpões de criação da unidade 1 da Propriedade C.....	50
QUADRO 08	Galpões da unidade de granja 2 da Propriedade C.....	52
QUADRO 09	Exemplo da estrutura da síntese dos estudos de casos.....	56
QUADRO 10	Síntese dos estudos de casos para dimensão suinocultura.....	103
QUADRO 11	Síntese dos estudos de casos para dimensão resíduos de produção.....	104
QUADRO 12	Síntese dos estudos de casos para dimensão resíduos de uso veterinário.....	104
QUADRO 13	Síntese dos estudos de casos para dimensão efluentes atmosféricos.....	105
QUADRO 14	Síntese dos estudos de casos para dimensão consumo hídrico.....	106
QUADRO 15	Síntese dos estudos de casos para a dimensão efluente líquido da suinocultura.....	107

RESUMO

COUTO, GUSTAVO RAGASSI DE ASSIS. **Análise ambiental de sistemas de tratamento de dejetos da suinocultura no município de Patrocínio – MG.** 2019. 121p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG¹

A suinocultura apresenta vantagens efetivas nas dimensões econômicas e sociais em toda cadeia produtiva. Na dimensão ambiental, há uma preocupação em relação ao seu potencial poluidor da água, ar e solos, devido aos dejetos produzidos possuírem altas concentrações de matéria orgânica, nutrientes e patógenos e ainda proporcionarem a proliferação de gases voláteis, odores e insetos. Por isso, a fim de evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente e atender às exigências legais ambientais, os dejetos devem ser submetidos a tratamento antes de sua disposição final ou reaproveitamento no meio ambiente. No Brasil, as tecnologias mais utilizadas para o tratamento biológico dos dejetos de suínos são: as lagoas de estabilização, o biodigestor Canadense e a compostagem automatizada. No entanto, somente a implementação da tecnologia não é suficiente, é preciso questionar o dimensionamento, a eficiência e o monitoramento dos parâmetros que envolvem esses processos de tratamento. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo analisar três suinoculturas (A, B e C) e seus sistemas de tratamento dos dejetos, implementados nos municípios de Patrocínio, Minas Gerais. A análise foi organizada por meio de pesquisa documental e exploratória, visando à caracterização da configuração, funcionamento, documentos e licenciamento ambiental dos estudos de casos. A Propriedade A possui uma produção média de 3600 suínos, $60 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ dejetos e tem como forma de tratamento a compostagem mecanizada seguida por lagoa de estabilização. A Propriedade B possui uma produção média de 2500 suínos, $30 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ dejetos e o sistema de tratamento composto por lagoas de estabilização em série. Já a Propriedade C possui uma produção média de 33000 suínos, $176 \text{ m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}$ dejetos e o sistema de tratamento composto por unidade separadora de sólidos grosseiros, decantadores, biodigestor Canadense e lagoas de estabilização. Todas as propriedades estudadas realizam o reaproveitamento dos subprodutos (composto orgânico e biofertilizante) na adubação e fertirrigação do solo. Nenhuma delas realiza a quantificação precisa do consumo de água e volume de dejetos produzidos. Ainda, em todos os documentos estudados, as informações descritas referentes aos sistemas de tratamento são teóricas e pobres em detalhes. Não foi possível encontrar as plantas baixas, o dimensionamento das unidades de tratamento e os laudos técnicos de análise do dejetos bruto e reaproveitado. Neste sentido, este estudo recomenda que os documentos para o processo de licenciamento ambiental contemplem o dimensionamento do sistema de tratamento, incluindo planta baixa, parte estrutural e eficiência para melhor gestão ambiental dos dejetos da suinocultura.

Palavras-chave: suinocultura, tratamento de dejetos de suínos e licenciamento ambiental.

¹ Orientador: Adriane de Andrade Silva - UFU e Sueli Moura Bertolino - UFU.

ABSTRACT

COUTO, GUSTAVO RAGASSI DE ASSIS. **Environmental analysis of swine manure treatment systems in the municipality of Patrocínio – MG**. 2019. 121p. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG²

Pig farming presents effective advantages in the economic and social dimensions throughout its productive chain. In the environmental dimension there is a concern about its potential pollutant of water, air and soil, due to the produced wastes have high concentrations of organic matter, nutrients, pathogens and also to provide the proliferation of volatile gases, odors and insects. Therefore, in order to avoid risks to human health, the environment and comply with legal environmental requirements, waste must be submitted to treatment before final disposal or reuse in the environment. In Brazil, the technologies most used for the biological treatment of swine manure are: stabilization ponds, canadense biodigesters and automated composting. However, only the implementation of the technology is not enough, it is necessary to question the dimensioning, the efficiency and the monitoring of the parameters that involve these treatment processes. Thus, this work had the objective of analyzing three pig farms (A, B and C) and their waste treatment systems, implemented in the municipalities of Patrocínio in Minas Gerais. The analysis was organized in documentary and exploratory research, aiming the characterization of the configuration, operation, documents and environmental licensing of the case studies. Property A has an average production of 3600 pigs, 60 m³.day⁻¹ wastes and has as a form of treatment, mechanized composting followed by stabilization pond. Property B has an average production of 2500 pigs, 30 m³.dia⁻¹ manure and the treatment system composed of stabilization ponds in series. Property C has an average production of 33000 pigs, 176 m³.dia⁻¹ wastes and the treatment system consist of separating units of coarse solids, decanters, canadense biodigesters and stabilization ponds. All the studied properties realize the reutilization of the byproducts (organic compound and biofertilizer) in the fertilization and fertirrigation of the soil. None of them perform the precise quantification of the water consumption and volume of waste produced. Also, in all the documents studied, the information described regarding the treatment systems are theoretical and poor in detail. It was not possible to find the sizing of the treatment units and the technical reports of analysis of the raw and reused waste. In this sense, this study recommends that the documents for the environmental licensing process, contemplate the design of the treatment system including low plateau, structural part and efficiency for better environmental management of swine manure waste.

Keywords: swine breeding, treatment of swine manure and environmental licensing

² Supervising communitteer: Adriane de Andrade Silva - UFU e Sueli Moura Bertolino - UFU.

1 INTRODUÇÃO

A produção de animais é uma atividade de extrema importância para a manutenção da alimentação humana. Juntamente ao homem, vem evoluindo e se transformando desde os primórdios da civilização. Por sua vez, a suinocultura, como atividade econômica, está cada vez mais presente na sociedade moderna, nas diversas formas: matéria-prima, alimentação e bens de consumo.

Em atendimento às exigências do mercado interno e externo, a produção de suínos concentra-se nos cuidados com o manejo nutricional, genética, saúde e bem-estar animal. Devido ao avanço no sistema de produção, a suinocultura movimenta uma cadeia produtiva, a qual traz ganhos econômicos e sociais ao produtor. Por sua vez, o produtor rural e os demais pertencentes a essa cadeia devem compreender e levar em consideração todos os possíveis impactos negativos dessa atividade ao meio ambiente.

A intensificação na produção dos animais, sem um controle, monitoramento e requisitos legais adequados, pode apresentar como impactos negativos ao meio ambiente: elevado consumo de água; grande volume de dejetos; possibilidade na contaminação dos solos e de águas por excesso de nutrientes e alto potencial de emissão de gases contribuintes para o efeito estufa, aquecimento global e chuva ácida.

Nesse sentido, a preocupação ambiental é uma necessidade quando se trabalha com a agropecuária, que hoje não pode ser dissociada dos aspectos produtivos. Assim, algumas estratégias vêm sendo empregadas, como a implementação de sistemas de tratamento dos dejetos e posterior reciclagem dos subprodutos formados (composto orgânico, efluente líquido e biogás), que estão cada vez mais mostrando-se viáveis economicamente aos produtores e satisfatórias acerca da relação com o meio ambiente.

Porém, sem uma avaliação crítica e com a observação de quais são os padrões de alterações ambientais que devem ser monitorados, corre-se o risco de acreditar que a mera implementação de uma tecnologia seja suficiente para satisfazer as condições legais, ambientais e econômicas. A fim de evitar sanções ambientais e reduzir os riscos à saúde humana, aos animais e ao meio ambiente, o tratamento dos dejetos de suínos e, posteriormente, sua destinação final devem sempre ser monitorados, respeitando as exigências, os padrões e a legislação ambiental.

Portanto, em virtude do alto potencial de impacto negativo da suinocultura ao meio ambiente, este estudo tem como proposta contribuir para a lacuna do assunto no meio acadêmico e verificar na prática se os sistemas de tratamento e disposições finais dos

dejetos de suínos implementados no município de Patrocínio-MG estão sendo benéficos ao meio ambiente e representando a realidade das informações contidas no processo de licenciamento ambiental, bem como comparar informações encontradas nos licenciamentos ambientais.

Nesse sentido objetivou-se, neste trabalho, apresentar as características de três sistemas distintos de tratamento dos dejetos da suinocultura quanto aos critérios de configuração, funcionamento e documentos ligados ao licenciamento ambiental, possibilitar a caracterização das distintas suinoculturas, descrevendo os diferentes sistemas de tratamento e analisando os documentos ambientais e especificações de cada sistema de tratamento, e, a partir do monitoramento e avaliações, apresentar propostas de melhorias para cada suinocultura em estudo e comparar informações encontradas nos licenciamentos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Desempenho ambiental de três sistemas de manejo da suinocultura quanto aos critérios de configuração, funcionamento e documentos do licenciamento ambiental.

2.2 Específico

- a) Apresentar as unidades de suinocultura dos estudos de casos.
- b) Descrever os diferentes sistemas de tratamento.
- c) Analisar os documentos e licenciamento ambiental de cada sistema de tratamento.
- d) Apresentar propostas de melhorias para cada suinocultura em estudo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Suinocultura

A suinocultura, como atividade econômica, pode ocorrer em pequena, média ou grande escala de produção. Os maiores produtores e consumidores per capita de carne

suína são a China e União Europeia, ambos superiores a 40 kg/ano, em seguida tem-se os Estados Unidos com 29,2 kg/ano e o Brasil com 14,7 kg/ano (National Pork Board, 2017).

No Brasil, a produção de carne suína pertence à cadeia produtiva do agronegócio e traz benefícios à economia. Somente no 3º trimestre de 2017 essa atividade econômica alcançou um crescimento de 3,9 %, em relação ao 3º trimestre de 2017. Em 2017, foram abatidos cerca de 3,75 milhões de toneladas de carne suína; sua produção se concentra na região Sul (66,9%) e Sudeste (17,6%) (ABPA, 2018).

Em Minas Gerais, as regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mas precisamente os municípios de Uberlândia e Patrocínio, lideram a produção de suínos com uma participação de 50% (808 mil cabeças de suínos) em todo estado (IBGE, 2016).

Os sistemas de criação de suínos dependem das características da região, do capital, do manejo e da infraestrutura do produtor. Atualmente, a principal maneira de criação é por meio do sistema intensivo confinado (Siscon) (ABIPECS, 2017).

O Siscon (Sistema de Criação em Confinamento de Ciclo Completo) possui o objetivo de atingir o peso máximo do animal em tempo mínimo de criação. Nesse sistema, os animais são confinados a pequenos espaços e possuem rações, medicamentos e monitoramento específicos em cada fase de produção, sendo necessário mão de obra técnica especializada e qualificada (CARVALHO e VIANA, 2011).

3.2 Suinocultura e o meio ambiente

Nessa atividade econômica, necessita-se da utilização de recursos, como água, madeira, materiais de construção, solo, nutrientes, entre outros. Como visto nos itens anteriores, a tendência da demanda futura da produção e do consumo de carne suína é crescente e positiva no Brasil e no mundo.

Caso a suinocultura não possua um monitoramento e manejo adequados de seus processos, principalmente nos dejetos produzidos, problemas ambientais podem ser ocasionados. Entre os principais impactos negativos, pode-se destacar: o elevado consumo de água; a contaminação dos solos; a eutrofização de corpos d' águas superficiais, morte da fauna e flora dos ecossistemas aquáticos e a contaminação de águas subterrâneas, o risco de abastecimento humano e a liberação de gases contribuintes para o efeito estufa e aquecimento global (FAO, 2017).

O elevado consumo de água é um dos desafios a serem vencidos na suinocultura; o uso racional desse recurso já é uma preocupação existente na atualidade entre os

produtores de carne suína (ITO, 2016). A Fundação do Meio Ambiente (FATMA) do Estado de Santa Catarina estima que o consumo de água por animal dia⁻¹ chega a 72,9 litros no ciclo completo, 35,3 litros na unidade produtora de leitões e 8,3 litros na unidade de terminação. Explica ainda que o maior consumo ocorre na limpeza do ambiente onde ficam alojados os animais. Isso após a modernização para os sistemas confinados e a adoção do manejo dos dejetos de forma líquida. Assim, a maioria dos impactos negativos ao meio ambiente ocorre de maneira regional ou local, por meio da concentração e descarga dos dejetos dos animais nos solos e nas águas.

Os dejetos da suinocultura sem o tratamento lançado no curso d' água ocasionam alteração da biodiversidade aquática, contribuem para o processo de eutrofização e facilitam a presença de organismos e elementos prejudiciais ao ser humano, como as doenças de veiculação hídrica (por verminoses, leptospirose, febre aftosa, alergias e hepatite), e aos animais (morte da fauna e flora, afetando todo ecossistema aquático) (ITO, 2016).

Além dos impactos negativos regionais, nos últimos anos outro problema de escala nacional e global vem recebendo uma maior atenção na suinocultura: a atividade possui um alto potencial de emissão de gases voláteis que contribuem para o efeito estufa, chuva ácida, destruição da camada de ozônio, aquecimento global e alterações ácido/base de corpos d'água e solos (ROCHA et al., 2009). Nos dejetos de suínos, encontram-se compostos de gases amônio (NH_4), amônia (NH_3), óxido nitroso (N_2O) e dióxido de carbono (CO_2), que contribuem para o efeito estufa, chuva ácida, aumento da temperatura global do planeta, odores, proliferação de insetos, irritação ocular, nasal e até problemas neurais nos seres humanos. Outro gás impactante em nível global é o gás metano (CH_4), produzido pela digestão anaeróbia do dejetos orgânicos da suinocultura (LOPES et al., 2013). Gás metano possui um potencial de aquecimento global 24 vezes maior que o CO_2 e seu tempo de residência na atmosfera é, em média, de 8 a 12 anos, com isso tem-se a possibilidade de atingir, aproximadamente, uma escala espacial de até 2000 km de distância, afetando outros países (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006; ROCHA et al., 2009; CARDOSO et al., 2015). Como demonstrado, a produção de suínos possui um grande potencial de poluição ambiental, assim o setor agropecuário deve buscar alternativas administrativas e técnicas para mitigar os impactos negativos, visando ao uso dos recursos naturais de forma sustentável e multi-institucional, sendo uma atividade passível de licenciamento ambiental.

3.3 Licenciamento Ambiental da suinocultura no Brasil

No Brasil o licenciamento ambiental é um instrumento que busca adequar ambientalmente as atividades que possuem potencial ou são efetivamente causadoras de degradação ao meio ambiente. Em sua execução, apresenta-se uma pequena variação entre os estados brasileiros, porém há uma certa uniformidade nos requerimentos a serem cumpridos. Por isso, neste tópico, será abordada uma visão geral do processo de licenciamento ambiental para a suinocultura em nível federal e o adotado pelo estado de Minas Gerais.

Segundo a Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), empreendimentos ou atividades que exercem atividades de criação de animais estão sujeitos e são obrigados a passar por algum tipo de licenciamento ou autorização ambiental.

O licenciamento ambiental é um ato administrativo exigido pelo órgão ambiental que autoriza ou licencia a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos que utilizam recursos naturais e que possam acarretar de alguma forma a poluição ou degradação ambiental. Leva ainda em consideração as disposições legais e as normas técnicas aplicáveis em cada caso (EMBRAPA, 2008).

Assim, a licença ambiental é uma autorização ou documento, com prazo de validade definido, emitido pelo órgão ambiental de competência federal, estadual ou municipal, a fim de conceder o direito de exercer sua atividade, resguardando o direito coletivo ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Na esfera federal, o responsável pelo licenciamento de atividades desenvolvidas em mais um estado e/ou cujos impactos são superiores aos limites territoriais é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Em nível estadual, há os Órgãos Estaduais de Meio Ambiente (OEMA's) e em nível municipal as Secretarias Municipais de Meio Ambiente, assim, cada estado e município possui os seus órgãos competentes responsáveis pelo processo de licenciamento ambiental (EMBRAPA, 2008).

As etapas e o órgão ambiental responsável pelo processo de licenciamento ambiental irão depender da classe ou enquadramento do empreendimento, que, por sua vez, levaem consideração o porte, o potencial poluidor e a localização. De modo geral, o processo de licenciamento ambiental é chamado Licenciamento Ambiental Trifásico (BRASIL, 1997).

No Licenciamento Ambiental Trifásico, as etapas de viabilidade ambiental, a

instalação e a operação da atividade ou do empreendimento serão analisadas em fases sucessivas e, se aprovadas, serão expedidas as seguintes licenças: Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO) (BRASIL, 1997).

A LP é a etapa inicial do licenciamento ambiental, em que o órgão competente avalia a localização, o projeto do empreendimento e a sua viabilidade ambiental. Seu prazo de validade para a sua renovação é de 5 anos (EMBRAPA, 2008).

A LI é a etapa seguinte à LP e concede o início da construção do empreendimento e a instalação dos equipamentos. A execução da obra deve seguir as medidas de proteção ambiental apresentadas na LP e qualquer alteração deverá ser informada ao órgão licenciador para avaliar a tal modificação. O prazo de validade da LI é de 6 anos (BRASIL, 1997).

A LO concede o funcionamento da atividade ou empreendimento. Ela deve ser solicitada depois que toda instalação estiver finalizada e as medidas de controle ambiental (estabelecidas nas etapas anteriores) verificadas. A LO possui exigências de medidas de controle para a operação da atividade, sendo reportadas de tempos em tempos aos órgãos ambientais. O seu prazo de validade é de, no máximo, 10 anos (EMBRAPA, 2008).

Para realização e obtenção dessas licenças, são necessários profissionais interdisciplinares capazes de avaliar os empreendimentos e realizar os laudos de vistorias para garantir a operação e as adequações necessárias.

3.3.1 Licenciamento Ambiental da suinocultura no estado de Minas Gerais

Além do Licenciamento Ambiental Trifásico, o estado de Minas Gerais possui as modalidades de Licenciamento Ambiental Concomitante e Simplificado.

No Licenciamento Ambiental Concomitante, são analisadas as mesmas etapas do Licenciamento Ambiental Trifásico, porém são expedidas duas ou mais licenças concomitantemente. O QUADRO 1 apresenta as alternativas possíveis para o processo de Licenciamento Ambiental Concomitante no estado de Minas Gerais (MG).

QUADRO 1 – Alternativas possíveis do Licenciamento Ambiental Concomitante-MG.

Fases	Possibilidades de concomitância
LAC 1 = LP+LI+LO	Análise em única fase da atividade ou empreendimento.
LAC 2 = LP+LI ou LI+LO	Análise LP, LI e LO ou da LP concomitante LI e LO

Fonte: adaptado, SEMAD, 2018.

O Licenciamento Ambiental Simplificado pode ser realizado eletronicamente por meio do cadastro ou apresentação do Relatório Ambiental Simplificado, segundo critérios e pré-condições que serão estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Em Minas Gerais, as atribuições do licenciamento ambiental são exercidas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), por meio da Deliberação Normativa nº 217 de 06 de dezembro de 2017 (DN 217/2017), na qual são estabelecidos os critérios para classificação, porte, potencial, locais e modalidades de licenciamento ambiental.

A classificação dos empreendimentos ocorre em 6 classes de acordo com o porte, potencial poluidor/degradador e sua localização. A atividade de suinocultura possui código G- 02-04-6, que está localizado na Listagem G da DN nº 217/2017.

Ainda para a suinocultura a DN 217/2017 cita o potencial poluidor/degradador das variáveis ambientais, em que são definidos como: Ar (médio); Água (grande); Solo (pequeno) e Geral (médio). Quando a produção for entre classe 1 e 2 está sujeita à AAF (Autorização Ambiental de Funcionamento e licenciamento ambiental completo classes de 3 a 6).

De acordo com o artigo 10 DN nº 217/2017, no caso de o empreendimento possuir uma produção abaixo do limite mínimo, ou seja, menor que 200 suínos, então enquadrar-se-á em nenhuma das classes ou não será relacionado na Listagem de Atividades, ficando dispensado do licenciamento ambiental ou AAF.

Em relação ao licenciamento ambiental na esfera municipal, a SEMAD, por meio da Deliberação Normativa COPAM nº 213, de 22 de fevereiro de 2017, e DN 217/2017, subsidiou a regulação sobre o conceito de impacto ambiental local e determinou critérios para autonomia e competência do licenciamento ambiental na esfera municipal. Para a atribuição ao licenciamento ambiental ser de competência municipal, o município que deseja exercê-lo deverá possuir autorização da SEMAD e ser composto por alguns requisitos: (i) Órgão Ambiental Capacitado, entendido como aquele que possui técnicos próprios ou em consórcio, devidamente habilitados e em número compatível com a demanda das funções administrativas de licenciamento e fiscalização ambiental de competência do município, (ii) Conselho de Meio Ambiente e se (iii) manifeste formalmente.

O município de Patrocínio assumiu essa atribuição ordinária em 02 de maio de 2017 de acordo com a DN 213/2017. Por isso, atividades na Listagem G agrossilvipastoris de suinocultura (G-02-04-6) enquadradas nas classes 2 e 3 são de atribuições de

Patrocínio/MG.

A SEMAD, por meio da DN 217/2017, ainda expõe que, na implementação da atividade de suinocultura, algumas considerações devem ser observadas, como:

A localização de instalação dos chiqueiros ou pocilgas de sistema de tratamento e/ou armazenamento de dejetos deverá ser, no mínimo, a 50 metros de distância das nascentes; 30 metros de distância para os rios até 10 metros de largura; 50 metros de distância para rios até 50 metros de largura; 100 metros para rios de até 200 metros de largura; 200 metros para rios até 600 metros de largura e 500 metros para rios acima de 600 metros de largura.

É proibida a criação de suínos em áreas urbanas.

Os empreendimentos deverão estar localizados de forma que os odores não se propaguem em direção às cidades, comunidades e demais núcleos populacionais.

Não é permitida a implantação de suinocultura em área de preservação permanente (APP).

Manter o monitoramento constante dos sistemas de tratamento e armazenamento dos dejetos.

Os lançamentos de dejetos advintos dessa atividade deverão respeitar as diretrizes estabelecidas nas normas ambientais vigentes.

É de responsabilidade do produtor o tratamento, o transporte e a disposição final dos resíduos gerados no empreendimento.

O descumprimento das normas e leis ambientais e a ausência do licenciamento ambiental sujeitam o produtor/empreendedor a sanções administrativas pecuniárias e de restrição de direitos previstas na legislação ambiental.

3.4 Produção e características dos dejetos da suinocultura

A produção e as características dos dejetos oriundos da suinocultura estão ligadas exatamente com a implementação do sistema, frequência da limpeza, alimentação e dieta. Também estão de acordo com a espécie do animal, sexo, idade, tamanho e comportamento dos suínos. Ainda, a produção de dejetos de suínos é influenciada por alguns fatores ambientais, como temperatura e umidade do ar da região de criação. No efluente da suinocultura, é possível encontrar urina, fezes, pelos, restos de ração, poeira e água dos bebedouros e da higienização dos animais (PERDOMO, 1999 e DARTORA et al., 1998).

O conhecimento do volume e da composição dos dejetos produzidos pelos suínos é um dado importante, pois, com ele, é possível definir o tipo e manejo, a armazenagem, o tratamento adequado e ainda uma possível utilização nos solos (PERDOMO, 2001).

A produção dos dejetos líquidos de suínos foi estimada por Dartora et al. (1998) e Oliveira (2003), que citam uma produção diária média por animal de 85 litros⁻¹ de dejetos líquidos no sistema de produção ciclo completo (CC), 45 litros dia⁻¹ em Unidade de Produção de Leitões (UPL) e 7 litros dia⁻¹ na unidade de crescimento e terminação. Perdomo (1999) estima que um suíno, ao atingir 100 kg, pode produzir até 8,5% de dejetos (urina e fezes) em relação ao seu peso.

Aproximadamente 70% do investimento financeiro da produção de suínos ocorrem por meio da dieta e alimentação. A dieta do animal interfere no crescimento, sanidade, reprodução, peso e produção de carne dos suínos, por isso os nutrientes da dieta devem sempre estar equilibrados a fim de se obter os melhores resultados (PERDOMO, 2001).

Yague (2009) expõe que existem quatro principais grupos de nutrientes na dieta suína: macrominerais, (2) microminerais, (3) minerais menores e (4) minerais tóxicos. Os macrominerais são compostos por 7 elementos listados, Cálcio (Ca), Cloro (Cl), Fósforo (P), Magnésio (Mg), Potássio (K), Sódio (Na), Enxofre (S), que são encontrados acima de 100 ppm (parte por milhão). Os microminerais são encontrados abaixo de 100 ppm e compostos por 9 elementos, entre eles, Cobalto (Co), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Ferro (Fe), Iodo (I), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Selênio (Se), Zinco (Zn). Os minerais menores são benéficos dependendo da quantidade devido à sua toxicidade, geralmente são expressos em ppb (parte por bilhão) e são compostos por 11 elementos Alumínio (Al), Arsênio (As), Boro (B), Bromo (Br), Estanho (Sn), Flúor (F), Lítio (Li), Níquel (Ni), Rubídio (Rb), Silício (Si), Vanádio (V)). O quarto grupo são dos minerais altamente tóxicos que não são essenciais nas dietas, expressos em ppb e compostos por 3 elementos, Cádmio (Cd), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb).

A dieta e os nutrientes encontrados na alimentação dos suínos refletem diretamente nas características físicas, químicas e biológicas dos seus dejetos. Ao considerar um suíno com 100 kg de peso vivo, os valores da concentração de DBO_{5,20} podem variar de 28000 a 50000 mg L⁻¹ e, ao ser comparada com a concentração de esgotos domésticos (300 mg L⁻¹), ela chega a ser 200 vezes superior. Por exemplo, utilizando o conceito de equivalente populacional de Von Sperling (2017), uma unidade de criação com 100 animais pode gerar uma carga orgânica média de 225 kg de DBO por dia e isso correspondente ao

equivalente à geração de água residuária de uma população humana de aproximadamente 4166 pessoas, considerando a geração de cada pessoa, 54 g de DBO por dia.

A DQO varia de 50000 a 90000 mg L⁻¹, o nitrogênio varia entre 4570 e 9145 mg L⁻¹, o fósforo total de 2500 a 5300 mg L⁻¹, o potássio em torno de 4140 mg L⁻¹, o sódio 950 mg L⁻¹ e 70000 a 150000 mg L⁻¹ para sólidos totais, 50000 a 120000 mg L⁻¹ para sólidos voláteis e 27000 a 64000 mg L⁻¹ para carbono. Esses valores podem ser encontrados na literatura por diversos autores e estão representados no QUADRO 2.

QUADRO 2 – Composição físico-química média dos dejetos de suínos.

Parâmetros (mg L ⁻¹)	Soler (2012)	Souza et al. (2009)	Perdomo (1999)	Konzen (1980)
pH	7,35	-	7,12 ± 0,23	7± 0,5
DQO	60883	86965	41889 ± 22042	-
DBO	13400	44088	-	52270
ST	-	67001	35790 ± 7960	-
SV	-	53551	24780 ± 5760	-
N	4974	6945	2640 ± 652	3180
P	1076	4234	1088 ± 755	5400
K	1650	4504	-	1380
Ca	1633	-	-	3300
Mg	-	-	-	1170
Fe	-	-	-	108
Mn	-	-	-	64,7
Zn	-	-	74,8 ± 33,7	78,8
Cu	-	-	28 ± 10	69,4
Bo	-	-	-	45,6
Na	1034	1115	-	100,7

Fonte: do autor, 2019.

A característica biológica dos dejetos da suinocultura possui uma vasta variedade na comunidade de micro-organismos. Essa comunidade apresenta alta concentração de micro-organismos patogênicos e caso sejam manejados incorretamente apresentam sérios riscos à saúde humana, por meio da veiculação de doenças. As principais doenças de veiculação hídrica e os micro-organismos responsáveis por essas doenças estão descritos

no QUADRO 3.

QUADRO 3 – Micro-organismos e doenças relacionados com águas poluídas.

Reino	Doenças
Bactérias	Disenteria bacilar, cólera, leptospirose e febre tifoide
Protozoários	Disenteria amebiana, giardíase, criptosporídiase e malária
Vírus	Hepatite infecciosa, gastroenterite, paralisia infantil, febre amarela, dengue
Helmintos	Esquistossomose e filariose

Fonte: adaptado, Von Sperling, 2018

A distribuição taxonômica dos micro-organismos nos dejetos dos suínos é encontrada em 83,7% do grupo Bactéria, 12,8% de Achaea, 3% Eukaryota e 0,5% de outros. Por sua vez, dentro do grupo das bactérias, a composição bacteriana em dejetos de suínos é composta pelos filos Firmicutes (42,8%), Bacteroidetes (28,5%), Proteobactérias (13,1%), Spirochaetes (5,8%) e Tenericutes (3,1%) (DUDA et al., 2015; KUMARI e SUDIARTO, 2015).

Outros autores, por exemplo, Cook et al., (2010), Han et al., (2011), Isaacson e Kim (2012), Ducey e Hunt (2013), em seus estudos, relataram que as bactérias do filo Firmicutes e Bacteroidetes são as dominantes no trato gastrointestinal e nos dejetos dos suínos.

Além dos riscos à saúde, essa comunidade de micro-organismos é responsável diretamente pela degradação biológica dos dejetos. Por meio de sua respiração, eles convertem a carga orgânica, nutrientes e outros compostos complexos em subprodutos mais simples ou até mesmo mineralizados.

3.5 Manejo dos dejetos da suinocultura

O manejo dos dejetos da suinocultura pode ocorrer de duas formas distintas: armazenamento ou tratamento. O armazenamento é o depósito dos dejetos em unidades pré-dimensionadas, durante um determinado tempo, com o objetivo de fermentação da biomassa e redução dos patógenos. Já o tratamento é um conjunto de processos com finalidade de minimização do risco de poluição ao meio ambiente e melhor reaproveitamento dos subprodutos dos dejetos. De maneira geral, os sistemas de tratamento dos dejetos da suinocultura ocorrem nas formas líquidas ou sólidas por meio

de processos biológicos, ou seja, degradação por micro-organismos. No Brasil, a forma mais difundida devido ao baixo custo de implementação, operação e manutenção é o armazenamento em esterqueiras e o tratamento por lagoas de estabilização. Porém, para agregar o valor e potencializar o reaproveitamento dos subprodutos gerados, tem-se utilizado a compostagem e biodigestores (KUNZ; OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006; CARDOSO et al., 2015).

3.5.1 Esterqueiras

As esterqueiras ou bioesterqueiras são unidades de armazenamento pré-dimensionadas com tempo de retenção hidráulica de 120 dias. São estruturas escavadas no solo, com revestimento em alvenaria e lona (FIGURA 1). Elas ainda devem possuir sistema de drenagem, a fim de evitar a contaminação do solo e lençol freático. São construídas de diversas formas: cilíndricas, retangulares e quadradas. Durante o tempo de armazenamento, ocorre uma redução da carga orgânica e patógenos por meio do processo de fermentação da biomassa (KUNZ et al., 2005; CARDOSO et al., 2015).

FIGURA 1 – Modelo de esterqueira Embrapa.



Fonte: Kunz; Oliveira e Higarashi, 2005.

O funcionamento do sistema de tratamento em esterqueiras é semelhante ao das lagoas de estabilização, o que o diferencia é o tamanho das unidades e consecutivamente o objetivo do manejo. Nas esterqueiras, predomina-se armazenamento, por longos períodos, com baixos critérios de tratamento dos dejetos. Já nas lagoas de estabilização, por serem unidades maiores, predominam o tratamento dos dejetos com maiores critérios que as esterqueiras.

Entre as principais vantagens tem-se: construção, operação e manutenção simples; reduzidos custos de implementação e operação; ausência de equipamentos mecânicos e baixos requisitos de área (KUNZ; OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006). As desvantagens são elevada possibilidade de crescimento de insetos e atração de vetores; descaso da operação e manutenção (crescimento da vegetação e entupimento frequente das tubulações); unidades restritas ao aumento do volume de dejetos e dificuldade em atender à legislação ambiental na remoção da matéria orgânica e outros parâmetros. Devido a essas desvantagens e à crescente geração de volume de dejetos da suinocultura, o uso das esterqueiras tem sido substituído por outras formas de tratamento, como o uso de lagoas de estabilização, compostagem e biodigestores (CARDOSO et al., 2015).

3.5.2 Lagoas de estabilização

A utilização de lagoas como sistema de tratamento dos dejetos suíno é uma das práticas mais simples e muito utilizada no meio rural. Essa tecnologia apresenta um bom desenvolvimento em regiões de clima tropical, custo baixo de implementação e operação com pouca necessidade de pessoas e equipamentos. Existem diversos tipos e arranjos de sistemas de lagoas, no tratamento dos dejetos de suínos os mais utilizados são as lagoas anaeróbias, facultativas e de maturação (SILVA, 2003; ARAÚJO et al., 2012; VON SPERLING, 2017).

Os principais parâmetros que influenciam o funcionamento das lagoas anaeróbias são profundidade e tempo de retenção hidráulica. O tempo de retenção hidráulica é o tempo necessário que o dejetos deve ficar na lagoa para sua degradação e pode ser estimado por meio da aplicação da EQUAÇÃO 1.

$$TRH = \frac{V}{Q} \quad \text{(EQUAÇÃO 1)}$$

Em que:

TRH = tempo de retenção hidráulica (dias); V = volume da lagoa (m³);

Q = vazão média (m³/dia).

Geralmente, a profundidade fica em torno de 4 a 5 metros, essa profundidade elevada é essencial para a formação de uma zona sem oxigênio e de um ambiente ideal

para os micro-organismos estabilizarem a matéria orgânica.

Como os dejetos de suínos possuem alto risco à saúde e ao meio ambiente devido à sua elevada carga orgânica, nutrientes e patógenos, eles necessitam de um tempo muito elevado para ser degradado e, mesmo assim, somente a lagoa anaeróbia não é suficiente para posterior descarga em corpos receptores, por isso necessitam de outras etapas, como lagoa facultativa e de maturação (SILVA, 2003).

Nas lagoas facultativas, a degradação dos dejetos ocorre em três zonas diferentes: a zona anaeróbia, aeróbia e facultativa. A zona anaeróbia predomina no fundo da lagoa, pois lá todo o material orgânico sedimentado é degradado pela decomposição dos micro-organismos sem a presença de oxigênio. Após esse processo, a matéria orgânica é lentamente convertida em gás carbônico, sulfídrico, metano e somente a porção inorgânica permanece no fundo (na forma de lodo). O gás sulfídrico gerado não ocasiona problemas de odores, pois é oxidado na zona aeróbica.

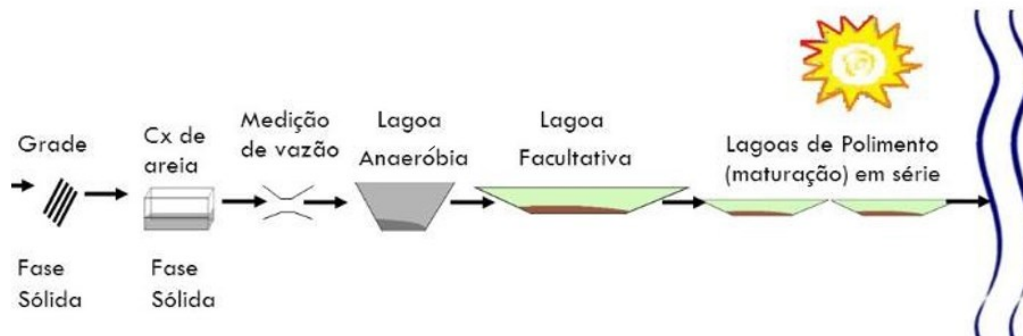
A matéria orgânica dissolvida em suspensão que não é sedimentada permanece nas camadas mais superficiais nas quais é oxidada por meio da respiração aeróbia dos micro-organismos. Na interface entre as zonas aeróbia e anaeróbia, ocorre a zona facultativa, nesse local não existe uma predominância de processo, a degradação pelos micro-organismos pode acontecer com ou sem a presença do oxigênio. Com o intuito de aumentar a eficiência do tratamento e a remoção da matéria orgânica em lagoas facultativas, é comum acrescentar-se equipamento de aeração (VON SPERLIN, 2017).

Silva (2003), em seu estudo no tratamento de dejetos de suínos, concluiu que por meio da combinação da lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa (ou também chamado de sistema australiano) com aeração mecânica ocorreram eficientes remoções médias acima de 81 % para os parâmetros DBO_{5,20}, DQO e ST. Porém, os nutrientes nitrogênio, fósforo e coliformes fecais ficaram abaixo dos 18% e 70%, respectivamente, sendo necessária a implementação do sistema de lagoas de maturação (ou polimento). Em outros estudos, ao utilizar o sistema de (lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + lagoa de maturação), apontam eficiências acima de 99% na remoção de coliformes fecais (MEDRI, 1997; PERDMO, 1999).

As lagoas de maturação geralmente são introduzidas ao final como um pós-tratamento e o seu principal objetivo é a remoção de organismos patogênicos. Nelas, ocorrem condições adversas aos micro-organismos patogênicos, como alta radiação solar, elevado pH e oxigênio dissolvido, temperaturas menores que dos organismos humanos, pouco nutrientes e elevada predação dos organismos presentes (VON SPERLING, 2017).

A FIGURA 2 representa o esquema completo do sistema de tratamento por lagoa anaeróbia + facultativa + maturação.

FIGURA 2 – Fluxograma do sistema completo de tratamento por lagoas.



Fonte: Von Sperling (2017).

As principais vantagens para o uso do sistema de lagoas de estabilização são: satisfatória eficiência na remoção de DBO e patógenos; fácil construção, operação e manutenção; reduzidos custos de implementação e operação; ausência de equipamentos mecânicos; resistência a variações de cargas e alto tempo para remoção do lodo.

Porém, como desvantagens, tem-se a possibilidade de presença de vetores e insetos; remoção de algas; alta demanda de área e cuidados no dimensionamento para garantir uma boa eficiência do tratamento e atender à demanda na produção dos dejetos. Assim, na tentativa de obter-se melhor segurança e aproveitamento dos subprodutos formados, os estudos dos sistemas de tratamento dos dejetos de suínos estão mais voltados para a compostagem e os biodigestores (ARAÚJO et al., 2012; CARDOSO et al., 2015; DIAS et al., 2016).

3.5.3 Cama sobreposta e compostagem

A cama sobreposta é um sistema alternativo de manejo dos dejetos de suínos em que se adiciona aos pisos das baias serragem, maravalha, palha ou materiais orgânicos com capacidade de absorver urina, fezes e água. Assim, a parte sólida e a líquida infiltram-se, provocando uma decomposição parcialmente aeróbica. O resultado desse processo é a formação de um composto que pode ser utilizado como adubo ou na compostagem

(GIACOMINI e AITA, 2007; CARDOSO et al., 2015).

A compostagem é um processo de degradação biológica de oxidação e oxigenação da matéria orgânica em um resíduo estabilizado, diferenciando-o do material de origem. Durante esse processo, ocorre a geração de calor, gás carbônico e vapor de água, semelhante à combustão (KIEHL, 2002; OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006; FILHO et al., 2013). As principais fases da compostagem são absorção e maturação. Na absorção, os dejetos em fase líquida são misturados a um tipo de substrato: serragem, maravalha ou palha. Com isso, os micro-organismos absorvem os elementos de carbono e nitrogênio até atingir a máxima atividade microbológica de degradação, por isso ocorre a geração de calor e o aumento da temperatura (entre 45 e 65°C), evaporando água ou parte líquida do dejetos. Na fase de maturação, as condições favoráveis à degradação são mantidas, ocorrendo a humificação e a formação dos compostos orgânicos (FILHO et al., 2013).

A eficiência e a velocidade no processo de transformação da matéria orgânica ocorrem devido à ótima relação dos micro-organismos, temperatura, umidade, aeração, pH, relação carbono/nitrogênio e tamanho da partícula.

Os principais micro-organismos responsáveis pelo processo são bactérias, fungos e actinomicetos. As bactérias decompõem açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de origem animal ou vegetal; aumentam a disponibilidade de nutrientes; agregam partículas no solo e fixam o nitrogênio. Os fungos são predominantes pela falta de ocorrência das bactérias e actinomicetos e sua principal função é a decomposição dos nutrientes animais ou vegetais mais resistentes, fixação do nitrogênio e formação dos húmus (BIDONE e POVINELLI, 1999).

A oxigenação e umidade também são fatores que interferem diretamente no processo da compostagem, o teor ideal para a umidade é 55%, pois, acima de 60%, ocorre a anaerobiose e abaixo de 40% a redução brusca da atividade biológica. A oxigenação por revolvimento manual ou mecânico deve sempre ocorrer, pois controla a faixa ideal de temperatura (50 a 65 °C), aumenta a velocidade de degradação e não produz mau-cheiro nem a proliferação de moscas (FILHO et al., 2013).

A temperatura acima de 65° C não é aconselhável, pois inativa micro-organismos bioestimuladores que são responsáveis pela formação dos húmus. Ainda na faixa ideal ocorre a eliminação de ervas daninhas e micro-organismos patogênicos, garantindo a qualidade sanitária do composto.

Na compostagem aeróbia, ocorre a variação brusca do pH (2 a 9) e, ao final do processo, predomina o meio alcalino devido aos ácidos orgânicos reagirem com bases liberadas durante o processo. O pH também influencia a degradação e atividade

metabólica dos micro-organismos sendo um fator limitante (BIDONE e POVINELLI, 1999).

A disponibilidade de nutrientes e o tamanho das partículas também influenciam a eficiência e o tempo de compostagem. A relação C/N de 30:1 chega a ser ideal, pois atinge a bioestabilização entre 15 e 30 dias. Em relação às partículas, a faixa ideal fica próxima de 1 a 5 cm, pois, abaixo disso, ocorre a compactação excessiva e acima inviabiliza o processo de compostagem (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006).

O sistema de tratamento dos dejetos de suínos por compostagem (FIGURA 3) vem sendo uma boa alternativa para manejar os dejetos na forma sólida, reduzindo o volume, os odores, os patógenos e ainda produz um composto (biofertilizante) rico em nutrientes, o qual age diretamente como um excelente condicionador nas propriedades físicas e biológicas dos solos, podendo melhorar sua qualidade (KIEHL, 1998; OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006; FILHO et al., 2013; BÓCOLI et al., 2016).

FIGURA 3 – Unidade de compostagem automatizada instalada em Concórdia - SC.



Fonte: Oliveira e Higarashi, 2006.

3.5.4 Biodigestor Canadense

O sistema de tratamento em biodigestores (por digestão anaeróbia) é uma técnica mundialmente conhecida desde o início do século XX. No Brasil, a partir da década de 70, a implementação dos biodigestores começou a ser incentivada, com o objetivo de substituir as dependências energéticas do petróleo e ser utilizada no reaproveitamento dos

nutrientes (LUCAS JUNIOR, 1987; DEGANUTTI et. al., 2002).

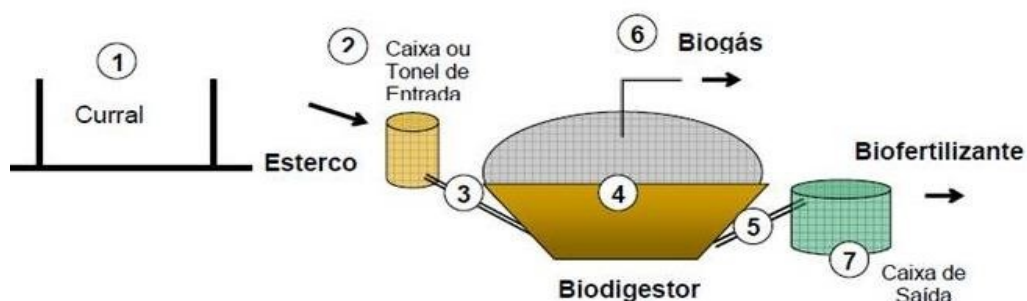
Entre as tecnologias de tratamento biológico para os dejetos de suínos, a biodigestão anaeróbia possibilita uma redução de até 90% da carga orgânica, 85,5% para Nitrogênio Total (NT) e 55 e 62% para os sólidos totais (ST) e voláteis (SV), respectivamente, e ainda pode inativar ovos de helmintos, bactérias, coliformes totais e fecais (ARAÚJO et al., 2012; SILVA et al., 2012; BLANCO et al., 2015; MENDONÇA et al., 2017).

As pesquisas e a utilização do processo de degradação anaeróbia por biodigestores estão concentradas no modelo de biodigestor canadense com manta de lona em policloreto de polivinila (PVC). O biodigestor canadense é definido como um reator anaeróbio de fluxo disperso, assim todo substrato ou elemento que entra no reator é instantaneamente misturado e disperso ao longo do reator (VON SPERLING, 2018).

A configuração do sistema de tratamento do biodigestor canadense pode ser variada de acordo com a função e a necessidade de implementação em cada projeto, porém deve-se seguir uma estrutura básica: uma caixa de entrada do dejetos afluente, biodigestor (reator ou caixa de degradação biológica do dejetos), gasômetro (local para retenção e controle da saída do biogás produzido) e um tanque ou lagoa para armazenamento do dejetos (biofertilizante) efluente.

A FIGURA 4 representa o esquema da estrutura básica do biodigestor canadense de fluxo horizontal.

FIGURA 4 – Estrutura básica do biodigestor canadense.



Fonte: adaptado, Torres et al., 2012.

O biodigestor canadense de fluxo horizontal é semelhante a uma lagoa retangular

que possui tubulação de entrada e saída de substrato. Ele é composto por duas partes principais: a caixa de degradação do substrato, em que ocorre a biodigestão anaeróbia, e gasômetro, que armazena os gases produzidos. O gasômetro é uma cobertura feita por uma lona de PVC (policloreto de vinila) ou PEAD (polietileno de alta densidade), a sua fixação deve ser na parede da câmara do biodigestor e de material impermeabilizante, por exemplo, o concreto. Essa cobertura inflável possui uma tubulação de saída com um registro conectado, que controla e conduz o biogás a um queimador, transformando o gás metano em gás carbônico, evitando sua emissão diretamente para a atmosfera. Para evitar furos na manta superior, recomenda-se que a área de instalação do biodigestor deve ser limpa e ele deve ser cercado e isolado de pessoas e animais (LIMA, 2013).

A construção da caixa de degradação do biodigestor canadense deve ser abaixo do nível do solo (em torno de dois metros e meio de profundidade) no formato de uma trincheira trapezoidal, seguindo uma ordem de 3:1 (comprimento/largura). Nessa construção, ainda deve ter uma tubulação para a saída do lodo gerado, que se sedimenta no fundo do biodigestor durante todo o processo de degradação. As paredes laterais e o fundo podem ser mantidos em argila (ou material impermeável), dificultando a percolação do substrato e contaminação do solo e água subterrânea em caso de vazamentos da lona (NOGUEIRA et al., 2015).

O biodigestor canadense de fluxo horizontal geralmente é projetado com um tempo de retenção hidráulica (TRH) (tempo médio que o material permanece em biodigestão no reator) entre 30 e 60 dias, isso dependerá do tipo de dejetos usado e da operação executada (SILVA, 2009; BRANCO, 2013; RICARDO, 2012; NOGUEIRA et al., 2015; MARTINS, 2017; MENDONÇA, 2017).

O TRH é um elemento fundamental, pois ele influencia diretamente a velocidade do processo de digestão anaeróbia. Em valores muito curtos de TRH, pode inviabilizar o funcionamento do sistema e ser prejudicado pela baixa eficiência na redução da carga orgânica e de poluentes, pela não produção adequada do biogás e redução da idade do lodo, e perda na eficiência de eliminação de patógenos e produção de um biofertilizante impróprio para o reaproveitamento no solo (CHERNICHARO, 2010; FAGUNDES et al., 2015).

Diversos autores, ao estudarem esse tipo de modelo, têm demonstrado resultados surpreendentes na eficiência de remoção da carga orgânica, de poluentes e dos microrganismos patogênicos presentes nos dejetos humanos e agropecuários. Eles ainda apontam menores custos de implementação e uma excelente oportunidade de economia,

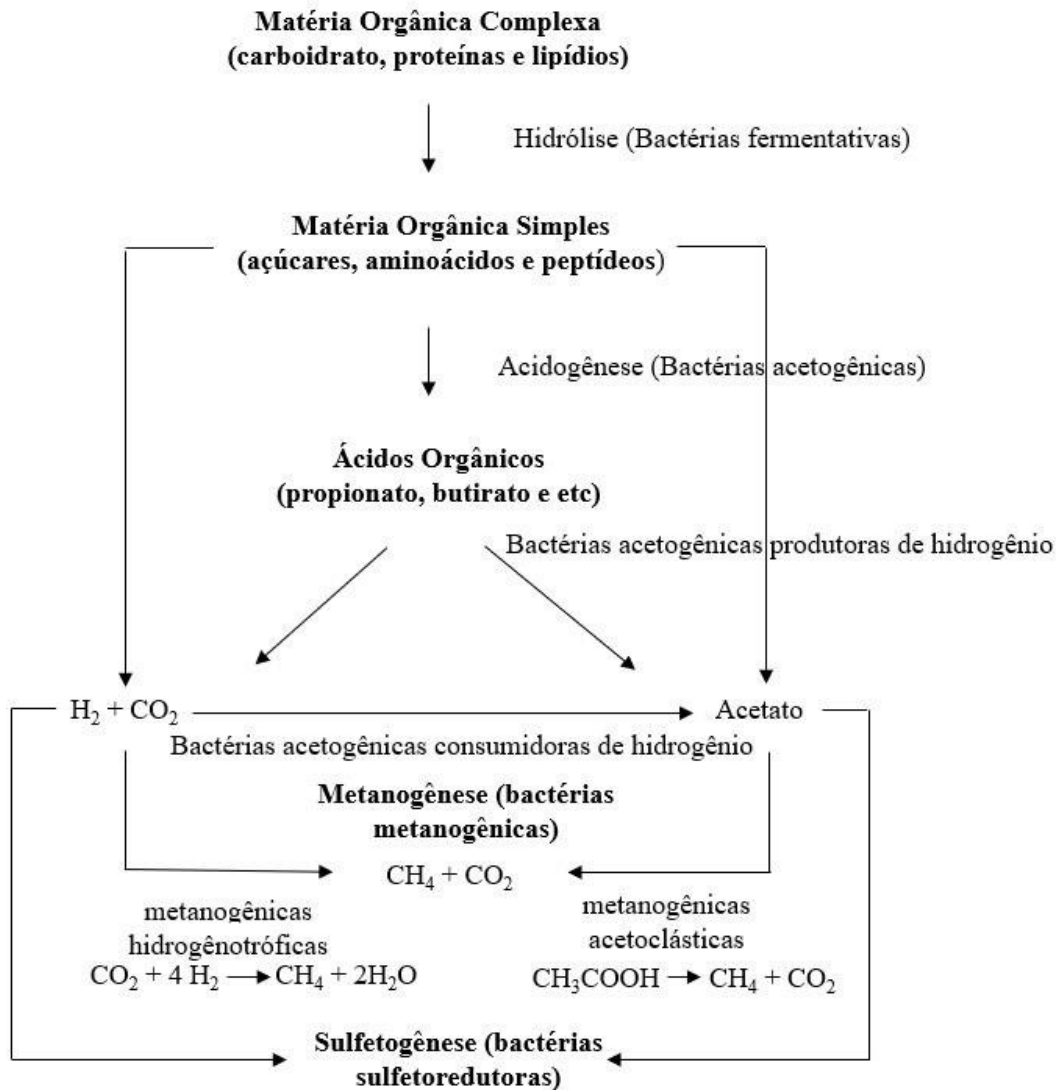
a partir do reaproveitamento no solo dos nutrientes reciclados (biofertilizante) e na produção de energia elétrica a partir do biogás (SILVA, 2009; BRANCO, 2012; RICARDO, 2012; NOGUEIRA et al., 2015; MARTINS, 2017; MENDONÇA et al., 2017).

3.5.4.1 Processo de digestão anaeróbia

O sistema de tratamento ou a degradação biológica que ocorre sem a presença do oxigênio e diversos tipos de micro-organismos atua intensivamente na conversão de compostos orgânicos complexos em produtos finais, como metano, dióxido de carbono, sulfato de hidrogênio, água e amônia, além de células bacterianas.

As reações bioquímicas da digestão anaeróbia geralmente ocorrem por meio de quatro fases de conversão (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) e rotas metabólicas de diversos tipos de bactérias (CHERNICHARO, 2010). A FIGURA 5 apresenta as principais rotas metabólicas e os grupos de micro-organismos envolvidos no processo de biodigestão anaeróbia.

FIGURA 5 – Rotas metabólicas e grupos de micro-organismos da biodigestão anaeróbia.



Fonte: Chernicharo, 2010.

Na primeira fase do processo, ocorre a hidrólise, que é a quebra ou transformação de materiais orgânicos mais complexos (polímeros de carboidratos, proteínas, lipídeos) em materiais dissolvidos mais simples (açúcares, aminoácidos, peptídeos). O processo de hidrólise ocorre pela excreção de exoenzimas das bactérias fermentativas (CHERNICHARO, 2010).

Em seguida, tem-se a acidogênese, nessa etapa os produtos gerados na hidrólise (açúcares, aminoácidos, peptídeos) são convertidos em ácidos orgânicos mais simples (ácidos graxos, propionato, butirato e outros), essa conversão ocorre por meio das bactérias fermentativas acidogênicas. Além da produção dos ácidos graxos, há também a produção de álcoois, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, amônia e sulfeto de hidrogênio (METCALF e EDDY, 2003).

Por sua vez, na fase de acetogênese, os produtos da acidogênese (etapa anterior) são oxidados, formando o substrato para as bactérias metanogênicas (hidrogênio, dióxido de carbono e acetato) (CHERNICHARO, 2010).

A fase metanogênica ocorre por duas rotas específicas, de acordo com o tipo de micro-organismo atuante; esses micro-organismos são as bactérias metanogênicas acetoclásticas e hidrogenotróficas. Esse grupo de bactérias é fundamental para o processo de tratamento, pois é responsável pela formação do metano (CH_4) (METCALF e EDDY, 2003).

A bactérias metanogênicas acetoclásticas formam metano a partir do acetato e são responsáveis por cerca de 60 a 70% de todo o metano produzido. O restante é produzido a partir do hidrogênio e dióxido de carbono pelas bactérias metanogênicas hidrogenotróficas (CHERNICHARO, 2010).

Para ocorrer o processo de digestão anaeróbia, é necessário criar um ambiente com condições ideais para que os micro-organismos se desenvolvam. Os principais fatores que interferem no desenvolvimento dos micro-organismos e por sua vez no processo de digestão anaeróbia são temperatura, pH, nutrientes e ainda outras substâncias (FORESTI et al., 1999; METCALF e EDDY, 2003; CHERNICHARO, 2010).

A temperatura é um dos fatores relacionados com a velocidade das reações bioquímicas, em temperaturas abaixo de 20°C ocorre baixa atividade microbiana, devido ao desequilíbrio iônico e solubilidade dos substratos. Por isso, o aumento da temperatura favorece o crescimento bacteriano, garantindo, assim, reações biológicas ideais, tornando o sistema mais estável. A biodigestão anaeróbia ocorre em três faixas de temperatura, psicrófila (de 25 até 32°C), mesófila (de 25 a 40°C) e termófila (acima de 40°C).

Em cada faixa de temperatura existe o predomínio de um grupo de micro-organismo (FORESTI et al., 1999; METCALF e EDDY, 2003; CHERNICHARO, 2010; MENDONÇA et al., 2017).

O pH também é um fator importante na atividade microbiana, pois interfere diretamente nas atividades enzimáticas e estruturas das proteínas. Em mudanças bruscas na faixa de pH, pode ocorrer alteração das substâncias e aumento da toxicidade do meio, influenciando a atividade metabólica e, por sua vez, a biodigestão (METCALF e EDDY, 2003). A faixa ótima de desenvolvimento da maioria das bactérias está próxima da neutralidade, entre 6,5 e 7,5, porém, para o grupo das acidogênicas, o seu desenvolvimento ótimo ocorre na faixa entre 5,0 e 6,0. O grupo das metanogênicas tem uma atividade ótima na faixa de pH entre 6,6 e 7,4 (CHERNICHARO, 2010; MENDONÇA et al., 2017).

Em relação aos nutrientes, a biodigestão anaeróbia dos dejetos de animais pode originar substâncias tóxicas que podem interferir na atividade microbiana e, assim, afetar os resultados no tratamento e na geração do biogás. Entre essas substâncias, estão as altas concentrações de metais (Zn, Ni, Cr, Cu, Mn, Hg, Pb, Cd e Fe) e amônia (NH_4). Em concentrações entre 4090 e 5550 mg de $\text{NH}_4 \text{ L}^{-1}$, a atividade microbiana da fase metanogênicas decai em 50% e em concentrações entre 5880 e 6600 mg de $\text{NH}_4 \text{ L}^{-1}$ a atividade é completamente encerrada (MENDONÇA et al., 2017).

3.5.4.2 Subprodutos gerados no sistema de tratamento por biodigestor canadense

O sistema de tratamento por biodigestão anaeróbia transforma os dejetos (afluente) orgânicos em três principais subprodutos, o biogás, o lodo (a parte sólida decantada no fundo do biodigestor) e o dejetos (efluente) líquido, também chamado de biofertilizante.

3.5.4.2.1 Biogás

O biogás é uma mistura de gases composta basicamente por 55 a 75% de gás metano (CH_4), 30% de dióxido de carbono (CO_2) e o restante, em pequenas proporções, por sulfeto de hidrogênio (H_2S), óxido nitroso (N_2O) e oxigênio (O_2). O gás metano (CH_4) possui um poder calorífico interno de 5500 kcal m^{-3} e ainda é 24 vezes superior ao dióxido de carbono (CO_2) em relação ao poder de aquecimento global (PAG). Por isso, o biogás é uma excelente fonte de energia alternativa no aproveitamento para a geração de energia

elétrica, combustível, e na redução no potencial de poluição do meio ambiente (MENDONÇA et al., 2017). Coldebella et al. (2006) afirmam em seu estudo que a produção do biogás, no nível de 50 e 80% de CH₄, pode gerar, respectivamente, 4,95 e 7,92 KW h m⁻³. Considerando uma concentração de CH₄ (65 ± 0,06%), o potencial na produção de energia é de 6,45 KW h m⁻³.

Já Colatto e Langer (2011) citam que a produção de biogás, a partir dos biodigestores, tem um grande potencial de geração de energia e, em teoria, cada 1 m³ de biogás gera 1,3 kW h.

Durante 8 meses de experimento em um biodigestor canadense, Mendonça et al. (2017) observaram um volume total de 12,503,3 m³ de biogás e energia de 81,234 KW h. E ainda, ao se considerar que o consumo médio de uma família brasileira (três a quatro pessoas) é, em média, 150 KW h mês⁻¹, essa produção teria a capacidade de atender aproximadamente 542 famílias, sendo uma ótima fonte alternativa para a produção de energia elétrica.

Em relação aos aspectos econômicos, Cervi et al. (2010) afirmam que a produção de biogás por biodigestores é viável, pois, em seu estudo, a produção de biogás foi de 670760,5 m³ ano⁻¹ com investimento inicial R\$ 51537,17 e se o consumo da energia elétrica for, em média, de 35 KW h por dia, o valor presente líquido (VLP) é de R\$ 9494,90 e a taxa interna de retorno (TIR) é de 9,34% ao ano.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamenta a compra de energia elétrica excedente, produzida em pequenas propriedades rurais a partir de dejetos de animais. Isso mostra um caminho ou uma excelente oportunidade econômica de investimento para o produtor rural.

Por isso, a produção de energia elétrica, por meio da tecnologia de biodigestores, é uma opção promissora tanto nos aspectos econômicos como no controle da poluição ambiental, além do biogás o uso dessa tecnologia resulta em um outro subproduto muito importante, o biofertilizante.

3.5.4.2.2 Biofertilizante

O biofertilizante é o efluente, subproduto resultante do processo de tratamento de anaeróbio por biodigestores. Ele é composto por material orgânico de origem animal e vegetal. Segundo Takitane (2001) e Cervi et al. (2010), a composição média dos nutrientes no biofertilizante, após passar pelo tratamento em biodigestores, varia de 1,4 a

2,5% de nitrogênio (N), 1,1 a 2,0% de fósforo (P) e 0,8 a 1,5% de potássio (K). O biofertilizante do tratamento de dejetos suínos possui altas concentrações de macronutrientes e micronutrientes insolúveis que, se dispostos nos solos, em condições controladas, podem apresentar benefícios econômicos e ambientais (OLIVEIRA,1993).

A aplicação dos dejetos de suínos como biofertilizante melhora as propriedades físico-químicas do solo (capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg, agregação, resistência, estrutura e disponibilidade de água no solo), assim, traz boas condições de fertilidade, comparando-se com a adubação mineral (CERETTA et al., 2003; SCHERER et al., 2010; LOURENZI et al., 2014; BÓCOLI et al., 2016).

Além dos benefícios, o reaproveitamento de biofertilizante em solos pode apresentar alguns riscos ambientais, como excesso de nutrientes, presença de micro-organismos patogênicos, metais pesados, contaminação do lençol freático e redução da qualidade de água destinada ao abastecimento humano e de animais (CERETTA et al., 2003; GIROTTO et al., 2010; VEIGA et al., 2012)

Por isso, qualquer forma de destinação dos resíduos de animais deve ser monitorada de acordo com os padrões e a legislação ambiental, a fim de evitar riscos à saúde humana, a animais e ao meio ambiente.

3.6 Legislação ambiental do padrão de destinação

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído pela [Lei 6.938/81](#) e regulamentado pelo [Decreto 99.274/90](#).

Em suas [resoluções](#), o CONAMA está vinculado às diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos ambientais.

Neste trabalho serão apresentadas as resoluções que estão relacionadas com a destinação dos dejetos de suínos nos solos e águas superficiais.

A Resolução CONAMA nº 357/2005, alterada pela Resolução nº 410/2009 e pela de nº 430/2011, dispõe sobre a classificação e enquadramento dos corpos de água e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes em nível federal. Em relação a nível estadual, Minas Gerais tem a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 1/2008. As condições de lançamento de efluentes de nível federal e estadual estão apresentadas nos QUADROS 4 e 5.

QUADRO 4 – Padrão de lançamento de efluentes.

Parâmetro	CONAMA 430/2011	COPAM/CERH 01/2008
pH	5 a 9	6 a 9
Temperatura	< 40 °C	< 40 °C
Sólidos sedimentáveis	1 mL/L/h (cone Imhoff)	1 mL/L/h (cone Imhoff)
Óleos e graxas	< 50 mg L-1 (animal)	< 50 mg L-1 (animal)
DBO (5,20)	> 60%	>75% ou < 60 mg L-1
DQO	-	> 70% ou < 180 mg L-1
Sólidos em suspensão totais	-	< 100 mg L-1 < 150 mg /L*

*Nos casos de tratamento em lagoas de estabilização.

Fonte: adaptado, CONAMA 430/2011 e COPAM/CERH 01/2008.

QUADRO 5 – Valores máximos para lançamento de efluentes em cursos hídricos.

Parâmetros Inorgânicos (mg/L)	CONAMA 430/2011	COPAM/CERH 01/2008
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃)	20,0	20,0
Nitrato	10,0	-
Nitrito	1,0	-
Fósforo Total (ambiente lótico)	0,1	-
Arsênio Total	0,5	0,2
Bário Total	5,0	5,0
Boro Total	5,0	5,0
Cobalto	0,05	-
Cromo (Cr +6 e Cr +3)	0,1 e 1,0	-
Cádmio Total	0,2	0,1
Chumbo Total	0,5	0,1
Cloreto Total	250,0	-

Cobre Dissolvido	1,0	1,0
Ferro Dissolvido	15,0	15,0
Manganês Total	1,0	1,0
Níquel Total	2,0	1,0
Selênio Total	0,3	0,3
Zinco Total	5,0	5,0

Fonte: adaptado, CONAMA 430/2011 e COPAM/CERH 01/2008.

Em relação aos solos, a Resolução nº 420/2009 alterada pela CONAMA nº 460/2013 dispõe sobre os critérios e valores que definem a sua qualidade quanto à presença de substâncias químicas.

A sua classificação ocorre em classes de 1 a 4, que são guiadas pelas concentrações de substâncias químicas que fornecem orientação sobre a qualidade e as alterações do solo (QUADRO 6). O Valor de Referência de Qualidade (VRQ) é a concentração de determinada substância que define a qualidade natural do solo, sendo determinada com base em interpretação estatística de análises físico-químicas de amostras de diversos tipos de solos. O Valor de Prevenção (VP) é a concentração de valor limite de determinada substância no solo, capaz de sustentar as funções principais dos solos. O Valor de Investigação (VI) é a concentração de determinada substância no solo acima dos valores do QUADRO 7, podendo existir riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana.

QUADRO 6 – Classificação e orientação para a qualidade de solos.

Classe	Concentrações de substâncias químicas
I	Pelo menos 1 substância química < ao VRQ
II	Pelo menos 1 substância química > VRQ e < VP
III	Pelo menos 1 substância química > VRQ e < VI
IV	Pelo menos 1 substância química > VI

Fonte: adaptado CONAMA 460/2013.

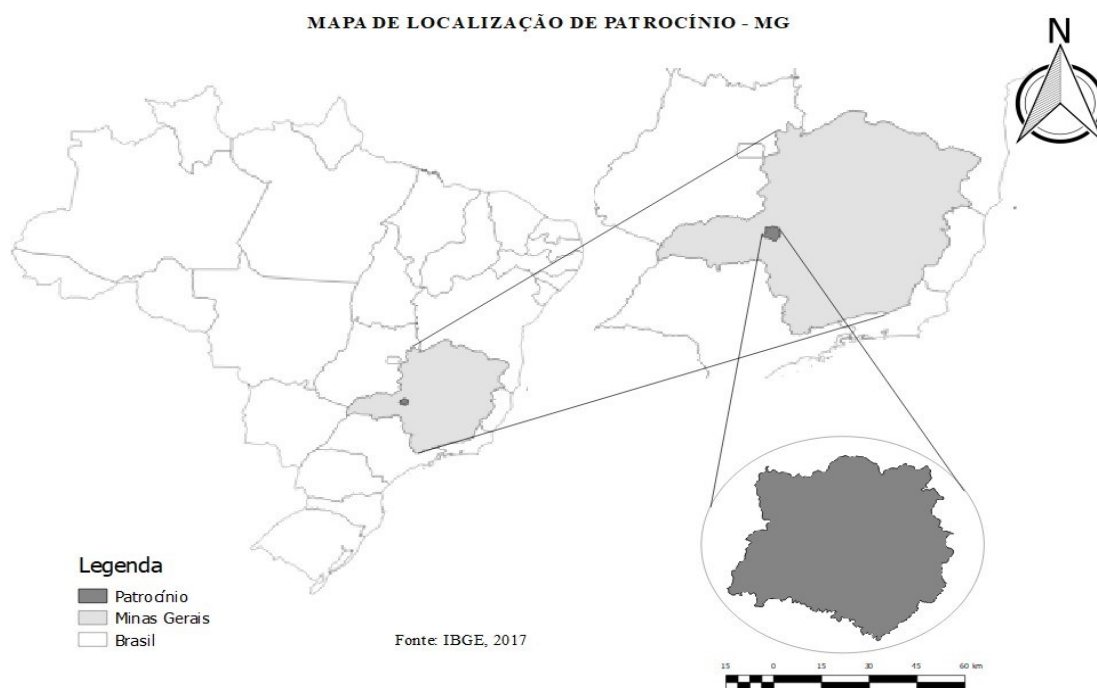
4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho está organizado por meio de pesquisa documental e exploratória de estudo de casos, visando apresentar as características de três sistemas distintos de tratamento dos dejetos da suinocultura quanto aos critérios de configuração, funcionamento, documentos e licenciamento ambiental.

4.1 Local de estudo

Os sistemas de tratamento em estudo foram denominados Propriedade A, Propriedade B e Propriedade C. Todas elas instaladas no município de Patrocínio, em Minas Gerais. Patrocínio fica localizado na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro. A FIGURA 6 apresenta o mapa de localização do município de Patrocínio, delimitando sua posição no Brasil e no estado de Minas Gerais.

FIGURA 6 – Mapa de localização de Patrocínio, Minas Gerais.



Fonte: adaptado de IBGE, 2017.

Sua extensão territorial é de 2.866,559 km², com altitude média de 965,57 m acima do nível do mar e localização geográfica de latitude 18°56'38" S e longitude 46°59'34" W.

O clima é tropical de altitude (Cwb) e a temperatura média anual é 20,7°C. O relevo se classifica em 60% plano, 30% ondulado e 10% montanhoso. O bioma predominante é o cerrado. A precipitação média anual é entre 1.100 e 1.600 milímetros, concentrada em um período de seis a sete meses entre outubro e abril (IBGE, 2010).

A hidrografia está na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Os principais rios são Quebranzol, Santo Antônio, Dourados, Perdizes e Espírito Santo e os ribeirões são Córrego do Ouro, Pirapitinga e Pavões (ANA, 2018).

De acordo com o censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, Patrocínio possui 82.471 habitantes. Sua economia é representada pelas atividades de agricultura (cafeicultura) e pecuária (gado leiteiro, corte e suinocultura).

O município tem participação nacional de 3% na produção e exportação do café do cerrado com 91.673 toneladas. A cafeicultura gera 5.000 empregos fixos e na época de colheita chega a 20.000 pessoas. A pecuária ocupa a 9ª colocação entre os municípios com maior produção de leite, em 2016 a produção foi de 119.770 litros, representando 0,36% na produção nacional.

Patrocínio foi escolhido como local de estudo devido à sua representatividade regional e tradição na criação de suínos. A suinocultura no município possui uma produção média de 252.749 cabeças de suínos distribuídas em 41 granjas (IBGE, 2016). Minas Gerais foi o primeiro município que adotou o Licenciamento Ambiental pela competência originária dos municípios, instituído pela Deliberação Normativa Copam nº 213, de 22 de fevereiro de 2017, alterado em 2 de fevereiro de 2018 pela DN 219. A DN 213 regulamentou o disposto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a”, e no art. 18, §2º, da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de novembro de 2011.

4.2 Descrição dos locais dos estudos de casos

4.2.1 Propriedades escolhidas

A escolha e a parceria com as propriedades deste estudo ocorreram em mais de duas reuniões com o auxílio de servidores e equipe técnica da Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Patrocínio – MG. A definição das propriedades foi por meio da possibilidade de realizar visitas técnicas e obter informações voluntárias ou cedidas pelo órgão fiscalizador municipal e empreendedores. Assim, o critério de escolha

foi utilizar 3 propriedades (A, B e C) com atividades de suinocultura no município de Patrocínio, as quais possuíam diferentes sistemas tratamento para os seus dejetos produzidos.

Ao todo, ocorreram mais de 3 visitas técnicas em cada propriedade e seguiu-se o roteiro de campo em APÊNDICE A. O uso do roteiro de campo teve como objetivo facilitar a coleta das informações em campo; ele foi adaptado do Formulário de Caracterização de Empreendimento (FCE) para atividade de suinocultura, fornecido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Patrocínio.

4.2.2 Propriedade A

A Propriedade A está localizada na zona rural de Patrocínio-MG, a aproximadamente 8 km da saída da rodovia MG-462 no sentido a Perdizes-MG. Sua altitude é de 904 metros acima do nível do mar, com latitude de 19°00'25,37" S e longitude de 47°01'11,43" O. O imóvel possui uma área total de 208,25 hectares com infraestrutura de 01 residência de 370 m², 02 casas de colono de 154 m² e 160 m², 01 escritório, 02 currais e 03 galpões de suínos.

A propriedade situa-se na bacia hidrográfica federal do Rio Paranaíba, na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) - PN 3. Toda demanda hídrica tem o objetivo de atender à dessedentação de animais, consumo humano e agricultura. A captação ocorre em 1 poço tubular ($Q = 25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), 1 barramento em curso de água com regularização de vazão ($Q = 82,8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$) e 9 pequenos barramentos com certidão de uso insignificante.

As principais atividades da propriedade consistem em cafeicultura de 160 hectares e suinocultura. A produção de suínos possui parceria com a empresa PIFPAF – RIO BRANCO ALIMENTOS S/A. Na propriedade, ocorrem as fases de crescimento e terminação. Por isso, os suínos chegam para alojamento com peso médio de 30 kg e idade de 60 dias, permanecem lá por aproximadamente 120 dias e saem para abate com peso aproximado de 120 kg.

A produção atual é de 3.600 cabeças de suínos, divididos em 3 galpões. A FIGURA 7 apresenta a vista superior das instalações da suinocultura da Propriedade A.

FIGURA 7 – Vista superior da suinocultura da Propriedade A.



Fonte: adaptado, Google Earth em 2019.

A divisão do número de suínos é igual nos três galpões, ou seja, 1200 suínos por galpão. Cada galpão possui área de 1440 m^2 (12 m x 120 m). A estrutura e o manejo dos suínos são os mesmos para os três galpões, a cobertura é metálica com altura de 3 metros, pilares de concreto armado, telhas de fibrocimento e piso cimentado e impermeável. O acompanhamento do manejo alimentar e sanitário dos suínos ocorre mensalmente e é controlado por meio de visitas periódicas de um técnico da empresa parceira. Nas visitas, são analisados o uso de EPI'S, o desempenho da criação, o consumo da água e ração, a higienização, a mortalidade e o bem-estar dos animais. A FIGURA 8 apresenta a criação de suínos da Propriedade A.

FIGURA 8 – Galpão e criação de suínos da Propriedade A.



8a - Galpão de suínos da Propriedade A. 8b - Baia com suínos na Propriedade A.
Fonte: do autor, 2019

4.2.3 Propriedade B

A Propriedade B possui acesso pela rodovia BR-365 sentido Patrocínio - Uberlândia. A distância da BR até a propriedade é de aproximadamente 12 km ou também 2 km do Povoado de Pedro na zonal rural do município de Patrocínio - MG. A coordenada geográfica é latitude 19°00'27,44"S e longitude 47°08'45,44"O. A infraestrutura de todo imóvel consiste em 1 escritório de 10 m², 3 silos, 1 galpão de armazenamento de 240 m², 1 galpão de máquinas 200 m², 1 sede de 100 m², 1 casa de colono de 80 m², 2 galpões de suínos, 2 lagoas de tratamento, 1 composteira e 1 terreiro de secagem de café de 3.100 m².

A propriedade está situada na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) - PN 2 na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba e estadual Rio Araguari. A captação de água ocorre em águas superficiais sem denominação ($Q = 1,00 \text{ L s}^{-1}$), durante 6 horas por dia, em barramento de 60 m^3 de volume máximo acumulado para fins de consumo humano e dessedentação de animais.

As principais atividades da propriedade são suinocultura, cafeicultura (21 hectares), silvicultura (3,13 hectares da espécie plantada *Eucaliptus* sp.), posto de abastecimento (1 m^3) e beneficiamento primário de produtos agrícolas (lavagem e secagem 300 t mês^{-1}).

A suinocultura da Propriedade B possui parceria na produção de suínos com a empresa BRFS.A. A atividade teve início em 03/10/2010 e possui as fases de crescimento e terminação. Os leitões chegam para alojamento com peso, em média, de 25 kg e idade de 65 dias, permanecem por aproximadamente 120 dias e saem para abate pela empresa parceira com peso aproximado de 125 kg. A produção máxima atual é de 2.500 cabeças de suínos, divididos em 2 galpões. As dimensões dos galpões são galpão 1 ($10\text{m} \times 140\text{m}$) com área de 1.400 m^2 e galpão 2 ($10\text{m} \times 121\text{m}$) 1210 m^2 .

A FIGURA 9 apresenta a vista superior da produção e do tratamento dos dejetos de suínos.

FIGURA 9 – Vista superior da suinocultura da Propriedade B.



Fonte: adaptado Google Earth, 2019.

A estrutura e o manejo dos suínos são os mesmos para os dois galpões de criação,

a cobertura possui altura de 3,2 metros de material metálico com pilares de concreto armado, telhas de fibrocimento e piso cimentado e impermeável. O acompanhamento do manejo alimentar e sanitário dos suínos é controlado por meio de visitas de um técnico da BRF. Nas visitas, o técnico analisa o desempenho da produção (doenças, mortalidade, bem-estar do animal, consumo de água, ração e higienização das baias). A FIGURA 10 apresenta a criação de suínos da Propriedade B.

FIGURA 10 – Galpão e criação de suínos da Propriedade B.



10a - Galpão de suínos da Propriedade B. 10b - Baia com suínos na Propriedade B. Fonte: do autor, 2019.

4.2.4 Propriedade C

A Propriedade C está localizada na zona rural de Patrocínio-MG. O acesso ao empreendimento em questão é feito pela Rodovia BR 365 sentido Uberlândia a Patrocínio, virando à direita a aproximadamente 7 km sentido ao trevo de acesso ao distrito de Silvano, coordenadas geográficas (18° 54' 27''S e 47° 04' 01''W). A área total do empreendimento é de 1258,95 ha. A área da sede principal do imóvel é composta por 03 residências; 01 escritório/refeitório; 01 galpão para defensivos e insumos; 02 galpões para máquinas; 01 tanque de combustível e 01 área para lavagem de veículos. Em relação à suinocultura, o empreendimento divide-se em duas unidades de criação. A unidade 1 é composta por 02 galpões para maternidade; 23 galpões para reprodução; 01 galpão para creche; 01 fábrica de ração; 01 composteira; 02 biodigestores canadenses; 02 lagoas de retenção de dejetos líquidos; 01 estação de tratamento de água; 01 escritório com banheiro/vestiário e 01 oficina/serralheria. A unidade 2 é composta por 04 galpões de creche; 06 galpões para gestão; 05 galpões para maternidade; 01 composteira; 02 biodigestores canadenses; 01 lagoa de retenção de dejetos; 01 laboratório de inseminação artificial; 01 escritório/refeitório e 01 estação de tratamento de água.

A propriedade está inserida na bacia hidrográfica do rio Araguari, sub-bacia do ribeirão Pavões, sendo servida pelos córregos Ponte Alta e Congonhas, além de nascentes e barramentos. O abastecimento de água da propriedade ocorre em 5 (cinco) captações de água em poços canadenses, portaria nº 2057/2011, favorável ao deferimento, e processos nºs 7070/2013, 7071/2013, 7072/2013, 7073/2013, em andamento de renovação. Possui também 5(cinco) pontos de captação em barramento de curso d'água, processo no IGAM nºs 9518/2016, 9519/2016, 9520/2016, 9521/2016 e 9522/2016, todos com data de validade de 02/05/2019. E ainda realiza 3 (três) captações diretas em corpo d'água de acordo com a Portaria nº 2935/2012 (coletiva).

As principais atividades desenvolvidas pela Propriedade C são culturas anuais de feijão, milho e soja em uma área de 800 ha, fábrica de ração 15 ton mês⁻¹; silvicultura de eucalipto em 45 ha, beneficiamento primário de grãos com produção de 1.500 ton mês⁻¹ e suinocultura de ciclo completo.

A suinocultura da Propriedade C possui parceria com a empresa PIF PAF e nela ocorrem todas as fases, como gestação, maternidade, creche e terminação (granja de ciclo completo). A produção atual é de 33000 suínos divididos em duas unidades de granjas. A unidade de granja 1 contém ao todo 28 galpões de terminação, 01 fábrica de ração, 1

composteira, 2 biodigestores canadenses, 2 lagoas de estabilização, 1 vestiário, 1 escritório, 1 oficina.

A FIGURA 11 apresenta a vista superior da unidade 1 da suinocultura da Propriedade C.

FIGURA 11 – Unidade 1 de suinocultura da Propriedade C.



Fonte: adaptado Google Earth, 2019.

A relação das dimensões dos galpões da unidade 1 está descrita no QUADRO 7.

QUADRO 7 – Galpões de criação da unidade 1 da Propriedade C.

Nome do galpão	Comprimento (m)	Largura (m)
Terminação-01	80,00	12,40
Terminação-02	80,00	9,20
Terminação-03	80,00	9,20
Terminação-04	80,00	9,20
Terminação-05	80,00	9,20
Terminação-06	55,00	8,95
Terminação-07	55,00	12,00
Terminação-08	90,00	11,00
Terminação-09	70,00	11,00
Terminação-10	90,00	11,00
Terminação-11	45,00	11,60
Terminação-12	20,00	11,00
Terminação-13	20,00	11,00
Terminação-14	50,00	11,95
Terminação-15	60,00	11,00
Terminação-16	60,00	11,00
Terminação-17	50,00	10,15
Terminação-18	80,00	12,60
Terminação-19	75,00	12,60
Terminação-20	75,00	12,60
Terminação-21	50,00	10,15
Terminação-22	60,00	9,20
Terminação-23	60,00	9,20
Terminação-24	70,00	10,15
Terminação-25	50,00	9,20
Terminação-26	25,00	10,10
Terminação-27	40,00	10,10
Terminação-28	70,00	11,00

Fonte: do autor, 2019.

A unidade 2 contém 19 galpões (06 para gestação; 01 para reposição; 06 para maternidade; 01 laboratório; 05 para creche), 1 composteira, 2 biodigestores, 1 lagoa de estabilização, 1 escritório e 2 vestiários. A FIGURA 12 apresenta a vista superior da unidade 2 da suinocultura da Propriedade C.

FIGURA 12 – Unidade 2 de suinocultura da Propriedade C.



Fonte: adaptado Google Earth, 2019.

A descrição das dimensões dos galpões da unidade 2 da suinocultura da Propriedade C está descrita no QUADRO 8.

QUADRO 8 – Galpões da unidade de granja 2 da Propriedade C.

Nome do galpão	Comprimento (m)	Largura (m)
Gestação-01	75,00	12,40
Gestação-02	75,00	12,40
Gestação-03	60,00	12,40
Gestação-04	60,00	11,00
Gestação-05	75,00	12,40
Gestação06	60,00	12,40
Reposição	60,00	12,40
Maternidade-01	75,00	12,40
Maternidade-02	70,00	10,00
Maternidade-03	70,00	10,00
Maternidade-04	70,00	10,00
Maternidade-05	70,00	12,40
Maternidade-06	60,00	14,20
Laboratório	60,00	12,60
Creche-01	65,00	11,00
Creche-02	65,00	11,00
Creche-03	75,00	12,40
Creche-04	75,00	12,40
Creche (novo acabar) -05	80,00	15,00

Fonte: do autor, 2019.

A estrutura de todos os galpões da Propriedade C é composta por pilares de concreto, piso cimentado/impermeável e cobertura de fibrocimento ou tijolos. A FIGURA 13 representa a vista do interior de um dos galpões da suinocultura da Propriedade C

FIGURA 13 – Galpão e criação de suínos da Propriedade C.



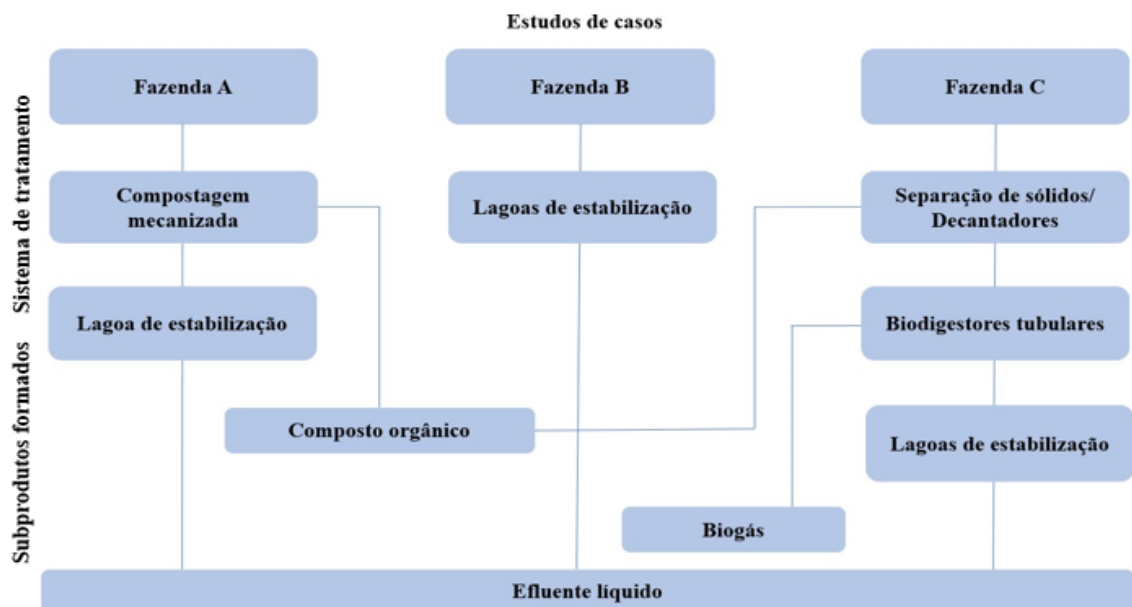
13a - Galpão de suínos da Propriedade C. 13b - Baia com suínos na Propriedade C.
Fonte: do autor, 2019.

4.3 Definição dos sistemas de tratamento

Neste estudo escolheram-se os sistemas mais utilizados no Brasil para o tratamento de dejetos da suinocultura (CARDOSO et al., 2015). Entre os três sistemas em estudo, há: compostagem mecanizada, lagoas de estabilização em série e biodigestor canadense com separação de sólidos.

Para facilitar a compreensão, tem-se a FIGURA 14, a qual representa o fluxograma geral dos sistemas de tratamento estudados, bem como os seus subprodutos formados em cada estudo de caso.

FIGURA 14 – Fluxograma geral dos sistemas de tratamento estudados.



Fonte: do autor, 2019.

4.4 Caracterização dos sistemas de criação e tratamento dos dejetos da suinocultura

Na caracterização dos sistemas de criação foram coletadas informações detalhadas juntamente com o operador ou responsável técnico das áreas em estudo. As coletas foram realizadas por meio de visitas técnicas a mais de 3 sistemas em cada propriedade, incluindo localização geográfica, infraestrutura instalada, modo de produção de suínos, consumo de água, geração e descrição da dinâmica de todo o processo de tratamento dos dejetos.

Especificamente, nos sistemas de tratamento, além de realizar o levantamento das

informações, durante as visitas in loco, também realizou-se a medição de cada unidade, como: largura, comprimento, profundidade ou altura. Em seguida, estimou-se o dimensionamento das unidades, como: área, tempo de retenção hidráulica (TRH) e volume. Posteriormente, com todas essas informações e dimensionamento, elaborou-se a planta baixa de cada sistema de tratamento.

A elaboração das plantas ocorreu por meio do software AUTODESK AutoCAD 2015. Nelas, foram representadas as dimensões das unidades de produção de suínos (galpões e baias), os dispositivos hidráulicos (tubulações, bombas, canais, válvulas, registros e fluxo dos dejetos ao tratamento) e as unidades de tratamento dos dejetos.

4.5 Análise de documentos ambientais em cada sistema de tratamento

Em cada sistema de tratamento estudado, fez-se a busca e o levantamento de todos os documentos ambientais vigentes e existentes no órgão competente e responsável.

Primeiramente, com as informações (nome/razão social do empreendimento, CNPJ/CPF e outros) extraídas nas visitas técnicas, buscaram-se os arquivos e documentos no Sistema Integrado de Informação Ambiental, site eletrônico da Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), em seguida, no sistema eletrônico da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) da prefeitura municipal de Patrocínio- MG e, por fim buscou-se o auxílio de servidores e funcionários internos que possuíam vínculo com os órgãos de busca.

Os tipos de documentos de busca foram aqueles que possuíam conteúdo, bem como informações, do processo de regularização ambiental da propriedade e seu sistema de tratamento da suinocultura. Entre eles, encontraram-se certificados de licenças ambientais, pareceres técnicos, laudos, relatórios e planos ambientais.

Posteriormente à busca, selecionaram-se os tipos de documentos em comum nos 3 sistemas de tratamento em estudo e analisou-se todo o conteúdo do licenciamento ambiental, os laudos existentes, a quantificação da geração, o tratamento e a disposição dos dejetos da suinocultura e ainda se as condicionantes e o automonitoramento de cada sistema de tratamento estavam sendo implementados, na prática, pelas propriedades.

A análise foi subsidiada pelas informações contidas nos documentos selecionados. Por isso, para sintetizar os principais resultados obtidos nesse trabalho exploratório, elaborou-se a síntese dos estudos dos casos. A síntese foi construída de acordo com as principais informações contidas no último Parecer Técnico, emitido pelo órgão regulador,

documentos ambientais diversos (RCA, PCA, RADA e outros) e observados in loco.

Essa síntese das informações obtidas seguiu exemplo da estrutura apresentada pelo QUADRO 9.

QUADRO 9 – Exemplo da estrutura da síntese dos estudos de casos.

1-Dimensão escolhida			
Dimensões/tópicos	Estudo de caso A	Estudo de caso B	Estudo de caso C
1a) Tópico para ser respondido	NI*	NI**	NI***

NI* - Não informado no Parecer Técnico. NI** - Não informado nos documentos ambientais diversos. NI***

- Não informado no Parecer Técnico nem em documentos ambientais diversos. Fonte: do autor, 2019.

No QUADRO 9, as principais dimensões foram suinocultura, resíduos provenientes dos animais mortos, resíduos de uso veterinário, consumo hídrico, efluente atmosférico e efluentes líquidos. Em cada dimensão, apresentam-se os tópicos a serem respondidos, remetendo-se à informação desejada. Cada tópico foi preenchido com informações exploradas in loco e documentais.

Nos casos em que a informação não foi encontrada no último Parecer Técnico emitido pelo órgão ambiental, preencheu-se “NI*”. Nos casos em que as informações não foram encontradas nos documentos ambientais diversos, preencheu-se NI**. E, por fim, em casos em que não se apresentou nenhum dos documentos, preencheu-se NI***.

4.6 Recomendações de melhorias

Após toda a análise dos documentos ambientais, nesta última etapa, elaboraram-se propostas ou recomendações de possíveis melhorias em cada propriedade de suinocultura. Essas recomendações foram elaboradas dentro da realidade de cada sistema de tratamento, no intuito de atender à legislação ambiental vigente, possibilitar redução dos impactos negativos ao meio ambiente e proporcionar uma destinação final dos dejetos de forma ambientalmente adequada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Propriedade A

5.1.1 Caracterização e disposição final dos resíduos advindos da suinocultura

Os principais resíduos e efluentes produzidos na suinocultura da Propriedade A são os animais mortos, os oriundos de uso veterinário e os efluentes líquidos e atmosféricos.

Com relação aos animais mortos na propriedade A, observou-se em uma das visitas técnicas que não há registro exato de animais mortos em cada lote. O procedimento de manejo, utilizado após a identificação do(s) animal(is) morto(s), é retirá-lo do galpão de criação, com o foco principal de evitar a contaminação dos outros suínos. Em seguida, os suínos mortos são reduzidos em pequenas partes ou postas, direcionando-os para uma área de compostagem. Como ferramenta de monitoramento, seria interessante o arquivamento do número de animais mortos anualmente para verificar o dimensionamento das áreas de disposição e controle. Apesar de se estimar uma taxa de mortalidade com valor crítico, em que se deve indicar uma intervenção e identificar causas e correções, quando superior a 1%, de acordo com EMBRAPA (2003), essa mortalidade pode impactar o volume desse resíduo gerado e também a dinâmica de sua compostagem. Ainda, durante a visita, foi possível observar que o local de compostagem dos animais mortos estava passando por reforma e ampliação, como apresentado na FIGURA 15.

FIGURA 15 – Área de compostagem dos suínos mortos da Propriedade A.



Fonte: do autor, 2019.

A estrutura possui 2 m de altura, 8 m de comprimento e 2 m de largura, a construção é de alvenaria com telhados de fibrocimento e composta por 4 células de compostagem, cada célula permite acumular o volume de 4 m³ (2 m x 2 m x 1 m), ou seja, um volume máximo de 16 m³ de materiais para compostagem (em geral, resto de animais mortos).

Depois de reduzir o suíno morto em pequenas partes, em cada célula adiciona-se nesta respectiva ordem: 10-20 cm de casca de café no chão para forrar o fundo da composteira; animal/carcaça ao centro evitando encostar nas paredes; 10 cm de cal virgem; água para umedecer a camada de posta de suínos e camada final com casca de café, a espessura é até cobrir todo animal visível. Esse mesmo procedimento é realizado após cada utilização da composteira, em função da mortalidade dos suínos. Após cada célula ser preenchida totalmente, a célula necessita ficar fechada por um prazo de 120-150 dias, tempo necessário para a estabilização e formação do composto orgânico.

Após o período de decomposição, foi possível observar em campo que o composto final (após decomposição) apresenta coloração escura, cheiro característico e similar ao de bolor. Sua disposição final pode ser realizada como adubo orgânico, seja na área de pastagem, café ou qualquer cultivo vegetal. Não se observou laudo do composto final obtido nem o dimensionamento do volume gerado.

Os resíduos oriundos de uso veterinário são compostos por embalagens de medicamentos, vacinas, seringas e todos os materiais que, por ventura, sejam utilizados nos cuidados da saúde dos animais. Após produzidos, esses resíduos são embalados e encaminhados para a área de farmácia na qual são temporariamente armazenados em tambores até serem recolhidos pela empresa parceira e posteriormente entregues a uma empresa terceirizada. Essa empresa terceirizada realiza o tratamento e a disposição final ao meio ambiente desses resíduos. O acesso ao local de armazenamento dos medicamentos e resíduos de uso veterinários é restrito a um funcionário específico da propriedade e durante a visita técnica não foi possível ter acesso a essa área nem ao comprovante de destinação final para a empresa terceirizada. O armazenamento dos recibos de envio destes resíduos e o convênio com a empresa contratada correspondem a um indicativo da correta destinação final, afinal os custos são gerados e não há motivo para que o serviço não seja executado, salvo denúncia e/ou vistoria com observação de não conformidade.

Os efluentes atmosféricos da suinocultura na Propriedade A estão relacionados com a produção de gases e odores característicos oriundos dos galpões de criação dos suínos e da lagoa de estabilização 1. Durante a visita, constatou-se uma leve presença de odor e insetos, nos galpões de criação dos suínos, já próximo à lagoa o odor e a presença de insetos foram mais intensos e evidentes. Esse fato pode ser explicado, pois, como os galpões de criação são higienizados todos os dias, isso reduz a presença de odor e insetos, além da concentração ser menor em função de não serem armazenados dejetos nas instalações. Próximo à lagoa de estabilização 1, a presença de odor e insetos pode ser explicada devido à decomposição microbiológica do dejetos e produção de gases, principalmente no fundo da lagoa, em que se predomina a digestão anaeróbia e produção de gases, como CH_4 , NH_3 , CO_2 , N_2O e H_2S , determinando o odor característico e consequentemente a maior presença de insetos (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006; CARDOSO et al., 2015). Nas leiras do sistema de compostagem mecanizada, a presença de odores e insetos era praticamente nula. Esse fato pode ser explicado, pois, na compostagem mecanizada, os insetos são atraídos para depositar seus ovos nas leiras de compostagem e, posteriormente, a etapa de revolvimento do composto, em que os ovos são enterrados e esterilizados, evitando a eclosão e proliferação dos insetos (FILHO et al., 2013). Durante esse processo, há aumento de temperatura da leira, que inativa os ovos. O sistema de compostagem produz o composto orgânico, que pode ter valor agregado como fertilizante e/ou condicionador de solo, dependendo da caracterização final do

produto. O processo também retorna o dejetos na forma sólida, o que facilita a armazenagem e disposição no momento de maior necessidade da cultura agrícola.

A Propriedade A é abastecida com água subterrânea captada por poço tubular com vazão de $25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, o qual está localizado na latitude $19^{\circ}00'56''$ e longitude $47^{\circ}01'32''$. A água não possui tratamento e é utilizada para a dessedentação dos animais e higienização de todos os galpões.

A higienização das baias ocorre todos os dias pela manhã das 07:00 às 11:00 horas, ou seja, aproximadamente 1 hora por galpão. A propriedade não possui o registro periódico do consumo de água na suinocultura. O consumo total de água informada em visita é de $100 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ e, após a higienização dos galpões, esse volume produzido se transforma em dejetos líquido ou efluente da suinocultura. O valor estimado de $100 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ está relacionado com toda a água consumida para a criação de suínos e cerca de 55% transformam-se em dejetos líquido, o restante é evaporado e consumido pelo metabolismo do animal (TAVARES, 2012).

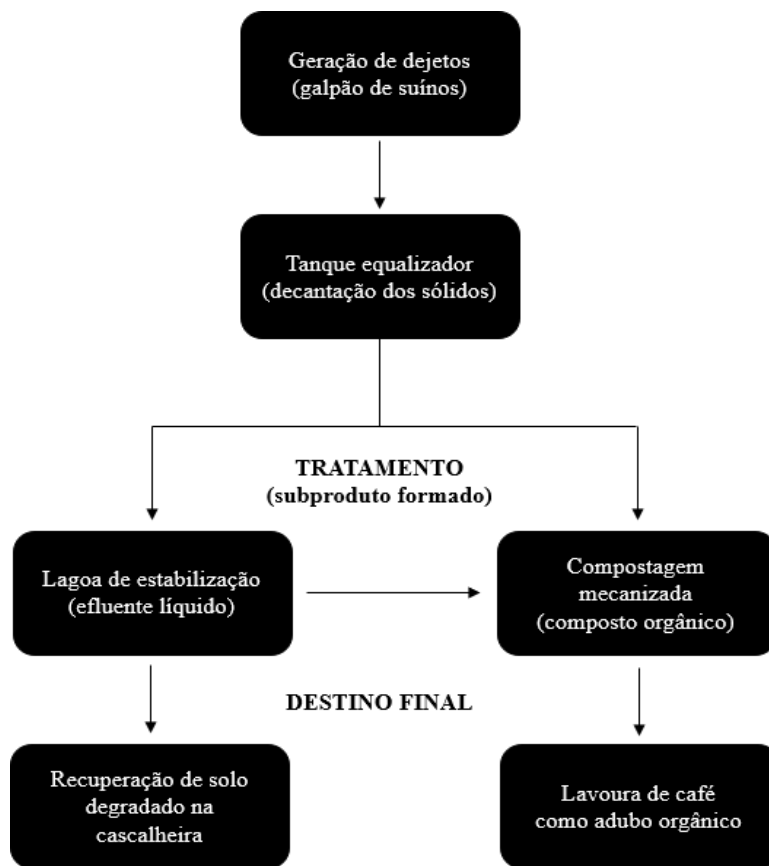
Assim, ao fixar-se 55% ao consumo total de água estimada, o volume total de dejetos suíno é de aproximadamente $60 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$, então cada suíno produz, em média, $16,67 \text{ L dia}^{-1}$ de dejetos líquido. Esse valor está acima da faixa estimada e encontrada na literatura de 7 a $11 \text{ L dia}^{-1} \text{ animal}^{-1}$ para unidades de crescimento e terminação (DARTORA et al., 1998; PERDOMO, 1999; OLIVEIRA, 2003 e TAVARES, 2012). Ele pode ser explicado pela ausência e imprecisão da medição exata do consumo de água na propriedade, assim, pela falta de uma gestão adequada. A ausência no controle do consumo de água influencia a geração do volume de dejetos, pois é diretamente proporcional, ou seja, quanto maior é o número de animais, maior será o consumo de água e consequentemente maior será a produção dos dejetos (TAVARES et al., 2012). O manejo da quantidade de água utilizada torna-se uma medida importante, principalmente com os projetos que preveem o pagamento pelo custo d'água, e a economia em todas as etapas de produção torna-se uma medida de manejo, além de uma preocupação ambiental.

Nos documentos avaliados, observou-se que não constavam o laudo técnico da caracterização do dejetos líquido de suíno bruto (sem o tratamento) e o laudo de qualidade de água e do efluente tratado.

5.1.2 Caracterização do sistema de tratamento dos efluentes e disposição final dos subprodutos da suinocultura

O sistema de tratamento operante da produção dos efluentes líquidos da suinocultura na Propriedade A é composto, ao todo, por 1 tanque equalizador cilíndrico com agitador mecânico, 1 lagoa de estabilização e 1 galpão de compostagem mecanizada. O fluxograma do funcionamento do sistema de tratamento está descrito na FIGURA 16.

FIGURA 16 – Fluxograma do sistema de tratamento de Propriedade A.



Fonte: do autor, 2019.

Cada galpão de criação de suínos possui um sistema individual de tubulações de PVC com diâmetro de 100 mm para a coleta dos dejetos na forma líquida. Após a coleta, os dejetos são unidos em um único sistema de PVC (200 mm) e encaminhados, por gravidade, diretamente para a lagoa de estabilização ou para a unidade de decantação (tanque de equalização). Para decidir o destino do dejetos, o sistema é composto por 2 registros de esfera para PVC (200 mm). A tubulação que liga os galpões ao tanque de equalização ou à lagoa de estabilização possui o diâmetro de (200 mm) e uma extensão

total 150 m. No APÊNDICE B, encontra-se a planta baixa do sistema de tratamento dos dejetos de suínos da Propriedade A.

O tanque de equalização regulariza a vazão de dejetos líquidos que irá para a compostagem ou lagoa de estabilização. Ele é de formato cilíndrico com 10 m de diâmetro, 3 metros de profundidade e volume máximo de 240 m³. No ponto central, o tanque possui um agitador mecânico com 4 pás rotativas (Pot 5 cv), que têm o objetivo de homogeneizar os dejetos decantados, evitando a operação a seco da bomba. O Tanque de equalização da Propriedade A está representado pela FIGURA 17.

FIGURA 17 – Tanque de equalização cilíndrico da Propriedade A



17a – Conjunto tanque de equalização e agitador mecânico. 17b – Agitador mecânico.
Fonte: do autor, 2019.

De acordo com o volume de 60 m³ dia⁻¹ de dejetos líquidos gerado, essa unidade

possui uma capacidade de armazenamento máxima de aproximadamente 4 dias. Quando todo o volume útil do tanque de equalização é preenchido, os dejetos são encaminhados para a unidade de compostagem mecanizada ou lagoa de estabilização.

5.1.2.1 Compostagem mecanizada e seu subproduto formado

Ao optar pela unidade compostagem mecanizada, o dejetos é bombeado do tanque de equalização ($Q = 30 \text{ L h}^{-1}$ e $Pot = 7,5 \text{ cv}$) para o misturador do galpão de compostagem. Essa unidade possui 50 m de comprimento, 25 m de largura, totalizando uma área de 1250 m². Toda a estrutura do galpão é coberta por telhas plásticas (protegendo contra a incidência direta do sol e chuva), pilares revestidos de concreto armado e piso de cimentado/impermeável com as laterais abertas para permitir a ventilação/oxigenação do composto. O sistema de compostagem mecanizada da Propriedade A está representado na FIGURA 18.

FIGURA 18 – Sistema de compostagem mecanizada da Propriedade A.



18a – Galpão de compostagem. 18b – Misturador de dejetos. 18c – Leira de compostagem.
Fonte: do autor, 2019.

O galpão ainda conta com sistema de drenagem da água da chuva e subproduto

líquido da compostagem. Por isso, o material líquido (água da chuva + chorume) é retornado (por gravidade) para o tanque de equalização por meio de canais retangulares (10 cm x 10 cm).

O sistema de compostagem possui, ao todo, 8 leiras, cada leira tem 3 m de largura por 25 m de comprimento e área de 75 m². A compostagem é realizada juntamente com a casca de café seca (substrato), ou seja, antes de iniciar o processo de compostagem, em cada leira, é adicionada uma altura de 0,6 m, aproximadamente 45 m³, de casca de café. Em seguida, o misturador helicoidal tipo garfo aplica o dejetos líquido a uma taxa de 30.000 L h⁻¹. Esse misturador está programado para percorrer cada leira (no movimento de ida e volta, igual a 1 ciclo) por aproximadamente 1 hora. Assim, nesse sistema de compostagem mecanizada são impregnados 667 L de dejetos líquido de suíno m⁻³ de casca de café (substrato). O período de impregnação (absorção do dejetos líquido no substrato) ocorre aproximadamente por 60 dias.

A compostagem (estabilização do dejetos e formação do composto) possui duração de 50 dias (em dias quentes) e 70 dias (em dias frios). Isso pode ser explicado devido à temperatura e velocidade de reação química dos micro-organismos aeróbios serem satisfatórias na faixa de 50 a 65 °C (FILHO et al., 2013).

Após passar pela compostagem mecanizada, o principal subproduto formado é o composto orgânico. Ele tem sua destinação final nos solos da Propriedade A. O composto orgânico é incorporado ao solo da área de cafeicultura como parte orgânica do fertilizante mineral.

Esse sistema de tratamento é o principal na fazenda, sendo opção para reciclagem do dejetos de suíno e da casca de café produzida. Esse sistema está implementado na EMBRAPA e descrito no informativo de Oliveira et al., 2015 e possibilita a incorporação total dos dejetos na biomassa na leira de compostagem, que estará finalizada quando atingir a relação de (10:1), ou seja, para cada 10 litros de dejetos líquidos, é necessário 1 kg de serragem usada como substrato. Essa alternativa foi para solucionar o passivo ambiental gerado pela deficiência das tecnologias em uso, pois gera, como produto final, um adubo orgânico que pode substituir os adubos minerais.

5.1.2.2 Lagoa de estabilização e seu subproduto formado

Ao optar pelo tratamento nas lagoas de estabilização, os dejetos líquidos de suínos podem chegar à unidade em duas formas distintas: (1) por gravidade na tubulação de PVC

(diâmetro 200 mm e 150 m de extensão) diretamente dos galpões de criação e (2) por gravidade na tubulação de PVC (diâmetro de 200 mm e 20 m de extensão) do tanque de equalização. Observou-se, em visita técnica, que a lagoa de estabilização 2 não está funcionando e está desativada, sem previsão de funcionamento, principalmente por não ser mais o método de tratamento priorizado na fazenda.

A lagoa de estabilização 1 possui lona de PEAD impermeável (1,5 mm), 25 m de largura, 30 m de comprimento e 3 m de profundidade, totalizando um volume útil de 2.250 m³ e TRH de 37,5 dias. A FIGURA 19 apresenta a lagoa de estabilização utilizada para tratar os dejetos líquidos de suínos na Propriedade A.

Não foi possível localizar, junto ao empreendedor ou documento do licenciamento, o laudo técnico da caracterização do dejetos líquido de suíno após o tratamento na lagoa de estabilização 1.

FIGURA 19 – Lagoa de estabilização da Propriedade A.



Fonte: do autor, 2019.

Quando não é possível encaminhar os dejetos líquidos armazenados na lagoa de estabilização 1 para o tratamento secundário (compostagem mecanizada), eles são bombeados por uma bomba draga de $Q = 12.000 \text{ L h}^{-1}$ e $\text{Pot} = 3 \text{ cv}$ e utilizados na recuperação do solo degradado por mineração (cascalheira).

A FIGURA 20 apresenta a aplicação superficial do efluente líquido sendo usado na recuperação do solo degradado de cascalheira na Propriedade A.

FIGURA 20 – Disposição superficial do efluente de suínos em solo degradado.



Fonte: do autor, 2019.

Na visita técnica, foi possível constatar que a disposição dos dejetos líquidos na área de cascalheira, após a armazenagem na lagoa de estabilização 1, é realizada por aproximadamente 4 horas sem controle de vazão, de maneira pontual e superficial ou até o ponto de promover pequeno encharcamento do solo. Apesar de não ser a metodologia de disposição correta, essa área, por possuir elevada degradação ambiental, possui capacidade de suporte elevada para restaurar níveis de material orgânico e fertilidade do solo, para promover futura incorporação ao processo de revegetação.

Os dejetos líquido (biofertilizante) e sólido (composto orgânico) da suinocultura resultante desse processo de tratamento são ricos em nutrientes de extrema importância para a manutenção de plantas, agindo diretamente como um excelente condicionador nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, podendo melhorar sua qualidade de produção (FILHO et al., 2013; BÓCOLI et al., 2016).

Porém, para essa reciclagem ou reaproveitamento dos subprodutos formados, deve-se elaborar um plano de disposição final no solo. Esse plano deve contemplar, no mínimo, a maneira e o tempo de aplicação, a caracterização dos nutrientes presentes no dejetos e o monitoramento do solo nas áreas aplicadas. Sem a estimativa de quantidades aplicadas por gleba de disposição, não se pode realizar o correto acompanhamento de saturação dos solos dos nutrientes provenientes dos resíduos. Isso pode ser realizado pelos proprietários como uma maneira de monitoramento e de responsabilidade pela destinação final, minimizando a possibilidade de contaminação ambiental. No momento das visitas técnicas, não se observou nenhum planejamento de aplicação efetiva dos dejetos em lavouras. Assim, como não são equalizados, nos planos de monitoramento, a necessidade de se indicar quais áreas receberam aplicações e os volumes aplicados nas diversas áreas.

5.1.3 Documentos e análise ambiental

Os principais documentos encontrados para a análise ambiental dos sistemas de tratamento dos dejetos da suinocultura da Propriedade A foram o Parecer Técnico de Nº 1020445/2016 e o Certificado de Licença Ambiental – LOC Nº 001/2018. Esses documentos foram encontrados no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) de Minas Gerais.

Ao consultar o sistema eletrônico, não foi possível ter acesso a outros documentos pertinentes ao processo de licenciamento ambiental, como RCA, PCA, Laudo de análises, Formulário de Orientação Básica Integrado (FOBI) e outros exigidos ao empreendedor. No sistema, eles estavam com status “digitalizados”, porém, após abri-los, não se encontravam lá.

O Parecer Técnico de nº 1020445/2016 está indexado ao processo administrativo PA COPAM 16423/2011/001/2014. Nele não consta nenhuma infração ambiental e possui deferida a Licença de Operação Corretiva (LOC) na validade de 10 anos para as atividades da DN COPAM 74/04: G-02-05-04 de suinocultura (crescimento e terminação) com porte 9.000 animais, G-02-10-0 de bovinocultura de corte com 200 cabeças e G-01-06-06 de cafeicultura com área de 160 hectares. A atividade de maior impacto é a suinocultura, de classe 03 e médio potencial poluidor. As outras atividades são classificadas como não passíveis de licenciamento. Durante as visitas técnicas, foi possível constatar que o empreendimento possui uma criação de aproximadamente 3.600 suínos, sendo assim respeita-se o critério de tamanho/porte licenciado pelo órgão competente.

Em relação aos resíduos adversos da suinocultura, no parecer técnico não constam descritas a identificação, a localização e as dimensões das unidades de compostagem dos animais mortos e do local de armazenamento dos resíduos veterinários. Essas informações são importantes para o empreendedor manter a segurança da saúde e do meio ambiente de sua produção. Os animais contaminados (resíduos do grupo A2), materiais perfurocortantes (grupo A5 da Classe A – Resíduos Infectantes) e medicamentos vencidos (grupo B2 da Classe B – Resíduos Especiais) são resíduos que necessitam de uma gestão adequada por parte do empreendedor e agentes envolvidos de acordo a resolução do CONAMA 358/2005:

Art. 6 “*Os geradores dos resíduos de serviços de saúde deverão apresentar aos*

órgãos competentes, até o dia 31 de março de cada ano, declaração, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva ART, relatando o cumprimento das exigências previstas nesta Resolução.”

Art. 7 “Os resíduos de serviços de saúde devem ser acondicionados atendendo às exigências legais referentes ao meio ambiente, à saúde e à limpeza urbana, e às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, ou, na sua ausência, às normas e critérios internacionalmente aceitos.”

Art. 16. “Os resíduos do Grupo A2, constantes do Anexo I desta Resolução, devem ser submetidos a processo de tratamento com redução de carga microbiana compatível com nível III de inativação e devem ser encaminhados para:

I - aterro sanitário licenciado ou local devidamente licenciado para disposição final de resíduos dos serviços de saúde, ou;

II - sepultamento em cemitério de animais. Parágrafo único. Deve ser observado o porte do animal para definição do processo de tratamento. Quando houver necessidade de fracionamento, este deve ser autorizado previamente pelo órgão de saúde competente.”

Art. 19. “Os resíduos do Grupo A5, constantes do Anexo I desta Resolução, devem ser submetidos a tratamento específico orientado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA.”

Art. 21. “Os resíduos pertencentes ao Grupo B, constantes do Anexo I desta Resolução, com características de periculosidade, quando não forem submetidos a processo de reutilização, recuperação ou reciclagem, devem ser submetidos a tratamento e disposição final específicos.”

Esses artigos da CONAMA 358/2005 evidenciam a importância da cobrança do órgão regulador ao empreendedor. Ainda, nas condicionantes do parecer técnico, no item 3 está descrito que *“Frascos vazios de produtos veterinários devem ser armazenados temporariamente em tambores localizados em locais específicos para posterior destinação final adequada, obedecendo ao disposto na Resolução CONAMA nº 358/2005. O empreendedor deverá apresentar anualmente comprovante de disposição adequada dos resíduos para empresas licenciadas.”* Pode-se observar que no parecer técnico não foi identificado nem caracterizado o local do armazenamento temporário dos resíduos de uso veterinário. O documento ambiental também não informa a quantificação e caracterização desses resíduos produzidos na propriedade A. Sobre os comprovantes de

disposição adequada dos resíduos de serviço de saúde por empresa licenciada, não foi possível ter acesso pelo empreendedor nem pelo sistema digital do órgão regulador, uma vez que a condicionante do parecer exige a apresentação desse comprovante no início do processo e anualmente após emitido o certificado de licença.

Em relação ao consumo de água, a Propriedade A possui processos de outorga finalizados: uso de volume insignificante (nos 11618/2017, 11619/2017, 11620/2017, 11621/2017, 11622/2017, 11616/2017, 11615/2017, 11614/2017 e 11617/2017, todos deferidos), Barramento (nº 02425/2014 deferido) e Poço tubular (nº 31135/2015 deferido). Durante a visita técnica foi possível constatar que a principal fonte captação de água do empreendimento é feita por meio de poço tubular outorgado ($Q = 25 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), porém no local não havia registro para o controle do volume de água utilizado na propriedade

A FIGURA 21 mostra o sistema de captação de água do poço tubular da Propriedade A.

FIGURA 21 – Sistema de captação por poço tubular da Propriedade A.



Fonte: do autor, 2019.

Por não apresentar o hidrômetro instalado, não se sabe o volume de água exato utilizado em toda propriedade e muito menos na suinocultura. Como essa atividade possui um elevado consumo de água, esse equipamento é indispensável para uma melhor gestão da água no empreendimento. Por isso, para evitar um impacto ambiental negativo no alto consumo de água e implementar uma suinocultura com mais tendência na sustentabilidade ambiental, a instalação e o monitoramento da água no empreendimento

são de extrema importância e devem ser considerados. As novas tendências das pesquisas são de redução do elevado consumo de água na suinocultura; o uso racional desse recurso já é uma preocupação da atualidade. Outra preocupação é que: quanto maior o descontrole de volume de água utilizado para a limpeza das unidades de criação, maior será o volume de dejetos a ser tratado e conseqüentemente mais difícil será sua disposição final ao meio ambiente (PALHARES et al., 2016; ITO, 2016).

Em relação ao volume de dejetos líquidos gerados pela suinocultura na Propriedade A, o parecer técnico informou 99 m³ dia-1 ou 11 L animal-1 dia-1, encontrando-se divergente ao informado em visita técnica: 60 m³ dia-1 ou 16,67 L animal-1. dia-1, essa diferença pode ser explicada devido ao processo de licenciamento ambiental ter sido elaborado para 9000 animais e na realidade atual o número é de 3600 suínos.

Assim, em relação a meio documental, a Propriedade A possui autorização do órgão ambiental de ampliar seu sistema produtivo até 9000 animais, mas o que deve ser verificado é se as unidades de tratamento dos dejetos estão projetadas adequadamente de forma que garantam o tratamento do volume de 99 m³ dia-1 e não apresentem risco de contaminação ambiental.

Por meio da observação in loco, foi possível constatar a compatibilização da descrição das unidades de tratamento nos documentos ambientais. Porém, no parecer técnico, não foi encontrada a análise do dejetos de suínos bruto e tratado nem a descrição das dimensões exatas de cada unidade de tratamento.

Essas informações são relevantes para uma análise ambiental, pois, ao saber as dimensões das unidades projetadas, é possível dizer se o sistema de tratamento consegue atender à demanda produzida e à legislação ambiental vigente e se irá minimizar o impacto negativo ao meio ambiente.

Na realidade atual de 3600 suínos e volume de 60 m³ dia-1 de dejetos, o tanque de equalização possui TRH de, no máximo, 4 dias e a lagoa de estabilização 1 de 37,5 dias, essas dimensões estão projetadas e funcionando em desacordo com os critérios técnicos e científicos mínimos citados na literatura. Pois, os dejetos líquidos da suinocultura são 200 vezes superiores aos domésticos, por isso, para garantir a operacionalidade e a segurança no tratamento, pesquisadores vêm conseguindo uma remoção da carga orgânica satisfatória (aproximadamente 75%) ao utilizar tempo de retenção hidráulica de, no mínimo, 45 dias para as lagoas de estabilização. Já os órgãos de fiscalização exigem, no mínimo, 120 dias de retenção (SILVA, 2005; OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006, ARAÚJO et al., 2012; VON SPERLING, 2017).

Ainda caso a Propriedade A venha a realizar ampliação no sistema produtivo para 9000 suínos, a geração de volume será 99 m³ dia-1 e conseqüentemente o TRH do tanque de equalização cairá para aproximadamente 2,4 dias e da lagoa de estabilização 1 para 22,5 dias, ou seja, quanto maior a quantidade de animais, maior será o volume de dejetos produzido e, conseqüentemente, maior será a necessidade de tratamento. Isso mostra que a lagoa de estabilização 1 da Propriedade A está subdimensionada para a estabilização completa do volume de dejetos gerado pelo cenário atual e futuro de produção. Por isso, nesse caso, a principal função da lagoa é de armazenagem dos dejetos para posterior tratamento e finalmente sua disposição final.

A disposição direta desse efluente no solo e corpo hídrico, sem uma segunda etapa ou unidade de tratamento, possui alto risco de contaminação ambiental, uma vez que o tempo mínimo para oxidação da matéria orgânica, nutrientes e patógenos não está sendo respeitado (ARAÚJO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015).

Na observação in loco ainda foi possível constatar que, quando não utilizam o sistema de compostagem mecanizada como tratamento secundário, os dejetos são transportados para disposição no solo de cascalheira.

Essa ação está sendo operada de forma inadequada, pois a Propriedade A não realiza monitoramento contínuo das características dos dejetos e assim não se sabe o que exatamente está sendo lançado ao solo, uma vez que as dimensões e o TRH da lagoa de estabilização 1 não estão de acordo com a literatura. Assim, essa ação pode desencadear contaminação do solo por excesso de carga orgânica, patógenos e nutrientes (PALHARES et al., 2016). Outra justificativa é que no parecer técnico não consta o lançamento do dejetos líquido no solo após a lagoa de estabilização 1, ou seja, não está autorizado pelo órgão ambiental. Nele consta que os dejetos líquidos devem primeiro passar por um tratamento secundário (compostagem mecanizada) e posterior disposição final no solo.

No sistema de compostagem mecanizada, o parecer técnico também não descreve as dimensões projetadas e informações específicas do tratamento, como: dosagem máxima de dejetos e casca de café a ser usada, volume de preenchimento inicial da leira, cronograma de aplicação do dejetos líquido e revolvimento do material, temperatura, umidade e volume de composto produzido. Ele somente cita que o tratamento é realizado pela compostagem visando à produção do composto para utilização na cafeicultura.

Assim, também não é possível saber a dimensão da unidade e dificilmente prever se esse sistema de tratamento suportará uma ampliação do processo produtivo. Vale

ressaltar que em visita técnica foi constatado após o preenchimento de todas as leiras, depois da fase de impregnação, ocorre a fase de maturação na qual não se aplica o dejetos líquido, somente ocorre revolvimento do composto. Como o tempo necessário para estabilizar a matéria orgânica, reduzir os patógenos e produzir o composto orgânico ocorre entre 50 e 70 dias, durante esse período a Propriedade A possui somente a lagoa de estabilização 1 para tratamento dos dejetos líquidos, que sofre uma sobrecarga e está operando abaixo dos critérios mínimos citados na literatura.

Em relação à disposição final dos dejetos líquido de suínos e resíduos de compostagem (mecanizada e dos animais mortos), o parecer técnico definiu o reaproveitamento como fertilizante orgânico no solo do cultivo de café e pastagem.

A quantidade a ser aplicada foi definida pelo limite crítico ambiental (LCA) de fósforo em função do teor de argila ($LCA - P \text{ mg.dm}^{-3} = 40 + \% \text{ de argila no solo}$) (PALHARES et al., 2016). Assim, com base nesses autores, na textura argilosa do solo e no resultado do laudo técnico (em ANEXO A) da caracterização química do solo da Propriedade A, o parecer técnico definiu o limite crítico ambiental de $98,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de fósforo no solo obtido pelo extrator Mehlich nas áreas de café e pastagem.

Aqui é importante ressaltar que somente a caracterização química do solo pode não ser suficiente para determinar a destinação final, uma vez que, no parecer técnico e nos documentos do empreendedor, não foi encontrado o laudo técnico de caracterização do dejetos líquido e composto orgânico destinado no solo. Por isso, a fim de evitar uma contaminação ambiental, deve-se levar em consideração a caracterização desses dois subprodutos para complementar a análise e assim definir qual melhor destinação ou a mais sustentável possível do dejetos e composto produzido.

O parecer técnico ainda condiciona o certificado de LOC por meio da comprovação do automonitoramento durante todo o período de vigência da licença. O automonitoramento da suinocultura da Propriedade A consiste em:

- apresentar anualmente o laudo da análise dos parâmetros pH, matéria orgânica total, carbono orgânico total, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobalto, cobre, cloro, ferro, níquel, manganês, molibdênio, selênio, zinco e sódio do efluente e compostagem da suinocultura;
- apresentar anualmente, durante a vigência da LOC, o comprovante de disposição adequada dos resíduos de uso veterinários por empresas licenciadas;
- apresentar o plano de manejo de nutrientes para aplicação dos resíduos da compostagem e efluentes da suinocultura com as seguintes informações: local e

dimensões das áreas ocupadas com o cultivo e manejo, quantidade, frequência, forma de disposição e tipo de adubo ou resíduo e cronograma de aplicação. Ainda informar os tipos de solos existentes na propriedade e respectivas análises químicas dos solos nas camadas de 10 a 20 cm;

- executar o Programa de Automonitoramento.

Nas condicionantes não ficou claro em qual dos sistemas de compostagem (mecanizada ou animais mortos) o empreendedor deverá executar essas ações.

O programa de automonitoramento que consta descrito no parecer técnico divide-se no monitoramento do solo e da composteira.

No monitoramento do solo, o empreendedor deve limitar a aplicação de 98 mg dm⁻³ de fósforo e não ultrapassar os valores 49 mg kg⁻¹ peso seco de cobre e 46,5 mg kg⁻¹ peso seco de zinco, descritos na Deliberação Normativa COPAM nº 166/2011, sobre os valores de referência de qualidade dos solos. O empreendedor ainda deverá realizar uma série de análises químicas do solo nas camadas 0-20 cm dos parâmetros: pH em H₂O, P, K Ca, Mg, Al, H + Al, soma de base, CTC Total, saturação por base, saturação por alumínio e todos os micronutrientes essenciais para as plantas. Essas análises devem conter coordenadas geográficas dos locais de coleta e devem ser realizadas anualmente pelo órgão ambiental, a fim de avaliar o comportamento dos nutrientes no perfil do solo.

No monitoramento da composteira, o empreendedor deve entregar anualmente ao órgão fiscalizador um relatório técnico, informando o monitoramento da presença de odores desagradáveis, atração de moscas e pássaros, temperatura, umidade e aeração. Pode-se dizer que o parecer técnico englobou as medidas mitigadoras em relação aos efluentes atmosféricos da suinocultura nessa parte do parecer técnico. Porém, o mesmo foi excluído para os galpões de criação e lagoa de estabilização 1.

5.1.4 Recomendações para suinocultura da Propriedade A

Na tentativa de complementar o parecer técnico e executar uma suinocultura mais sustentável, na dimensão ambiental, o empreendedor da Propriedade A deverá realizar as seguintes recomendações:

- (1) Registrar com frequência o número de suínos mortos em cada lote.
- (2) Caracterizar e quantificar mensal ou anualmente os resíduos de uso veterinários.
- (3) Sempre armazenar e destinar os resíduos de uso veterinários sem causar impactos negativos ao meio ambiente. Ao utilizar serviços de empresas terceirizadas, sempre

- exigir sua licença ambiental vigente e guardar uma cópia na propriedade.
- (4) Instalar e realizar o monitoramento automático do consumo de água por meio da instalação de hidrômetro.
 - (5) Implementar sistemas de reuso de água da chuva para a lavagem dos galpões e outras unidades da suinocultura.
 - (6) Continuar respeitando fielmente o programa de automonitoramento e prazo de renovação da licença descrito pelo órgão ambiental.
 - (7) Elaborar um cronograma de monitoramento com maior precisão e frequência do sistema de compostagem (mecanizada e animais mortos) nos parâmetros: pH, umidade, temperatura, oxigenação (revolvimento do composto), odores e presença de insetos.
 - (8) Elaborar um cronograma de monitoramento para presença de odores e de insetos em todas as unidades do sistema tratamento: galpão de criação, tanque de equalização, lagoa de estabilização e disposição final.
 - (9) Como relatado pelo empreendedor, se possível concretizar o projeto futuro da implementação de uma nova unidade de compostagem mecanizada, bem como o registro do composto orgânico, no órgão competente Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), e posteriormente sua venda.
 - (10) Evitar somente o tratamento do dejetos líquido na lagoa de estabilização 1, uma vez que essa está operando abaixo dos critérios mínimos estabelecidos pela literatura.
 - (11) Realizar a destinação final do dejetos líquido no solo após conhecer suas características físico-químicas e biológicas.
 - (12) Elaborar e implementar um cronograma de aplicação do dejetos líquido no solo, fora de locais próximos de cursos d'água e de maneira subsuperficial que permita a infiltração e respeite o limite de saturação dos nutrientes no solo.

5.2 Propriedade B

5.2.1 Caracterização e disposição final dos resíduos advindos da suinocultura

Os resíduos e efluentes produzidos pela suinocultura da Propriedade B também são os animais mortos, os oriundos do manejo veterinário, os efluentes líquidos e atmosféricos, similares aos observados na propriedade A e compatíveis com a atividade de suinocultura.

Em relação aos animais mortos, a Propriedade B registra, em média, 62 suínos por lote, ou seja, faz o registro da quantidade de resíduos gerados pela % de mortalidade dos animais, que está próximo do considerado pela literatura, a qual cita uma mortalidade de 2,5 a 3% por lote (EMBRAPA, 2003), apesar desse número ser passível de redução. O manejo das carcaças é similar ao descrito na propriedade A, que, ao identificar o animal morto, retira-o do sistema de produção, reduzindo-o em pequenas partes, e encaminhando-o para a compostagem. A área de compostagem é dividida em 4 células de 1 m de largura x 2 m de altura x 1,5 m comprimento cada, elas possuem estrutura (paredes e piso) de alvenaria (concreto impermeável), com telhado de alumínio. Como cada célula suporta um volume de 3 m³, por sua vez, o volume máximo é 12 m³.

A FIGURA 22 apresenta a área de compostagem dos suínos mortos da Propriedade B.

FIGURA 22 – Área de compostagem dos suínos mortos da Propriedade B.



Fonte: do autor, 2019.

Para o início da compostagem, em cada célula adiciona-se uma camada de 10 a 20 cm de casca de arroz ou maravalha no piso da composteira (nessa propriedade não se utiliza a casca de café); uma camada do animal/carcaça ao centro, evitando encostar nas paredes, e camada final de casca de arroz ou maravalha, até cobrir todo animal visível, e, ao final, a célula é umedecida. Esse mesmo procedimento é realizado diariamente ou de acordo com a mortalidade dos suínos, após ser preenchida totalmente a célula fica fechada no prazo de 120-150 dias até a estabilização e formação do composto orgânico. Após todo esse período de decomposição, o composto produzido é aplicado na adubação da área de

pastagem da Propriedade B e propriedades vizinhas, as quais estão descritas no processo de licenciamento ambiental para recebimento desse material e do efluente líquido.

Os resíduos oriundos do manejo veterinário da Propriedade B possuem uma geração de aproximadamente 13,8 kg a cada 1300 suínos, ou seja, um total aproximado de 28 kg mês⁻¹. Esses resíduos são recolhidos e armazenados em locais específicos, dentro da instalação chamada de farmácia (FIGURA 22), em que são identificados e armazenados temporariamente até a destinação final, que é responsabilidade da empresa parceira BRF S.A., a qual gerencia a produção no sistema de integração.

FIGURA 23 – Farmácia veterinária da Propriedade B.



Fonte: do autor, 2019.

Os efluentes atmosféricos da Propriedade B ocorrem nos galpões de criação dos suínos e nas lagoas de estabilização, devido à produção de gases (CH_4 , NH_3 , CO_2 , N_2O e H_2S) e a seus odores característicos.

Durante a visita, constatou-se baixa presença de odores e insetos, eles ficaram um pouco mais evidentes próximo das áreas de lagoas de estabilização do que nos galpões de criação de suínos. Não há indicação de instalação de equipamentos para verificar a quantidade de odores. Os odores são suportáveis (existem, mas não geram mal-estar, são considerados característicos da atividade suinícola) e não são sentidos a uma distância de 100 m das instalações. Apesar disso, indica-se que a produção de gases é maior nas áreas

de lagoa do que de criação, pois os galpões de criação são higienizados todos os dias e, assim, a presença de odores e insetos é reduzida ao comparar-se com as lagoas de estabilização. Outro fator é a produção de gases como subproduto da decomposição biológica do dejetos nas lagoas de estabilização (OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006; CARDOSO et al., 2015).

A Propriedade B possui a principal captação de água em barramento com 60 m³ de volume máximo acumulado, com vazão de 1 L s⁻¹, durante 6 horas por dia, localizado nas coordenadas geográficas de latitude 19° 0' 58,0''S e longitude 47° 9' 15,0''W. A água é recalçada por uma bomba do barramento até dois reservatórios de 15000 L cada e posteriormente é distribuída para o consumo por tubulações enterradas.

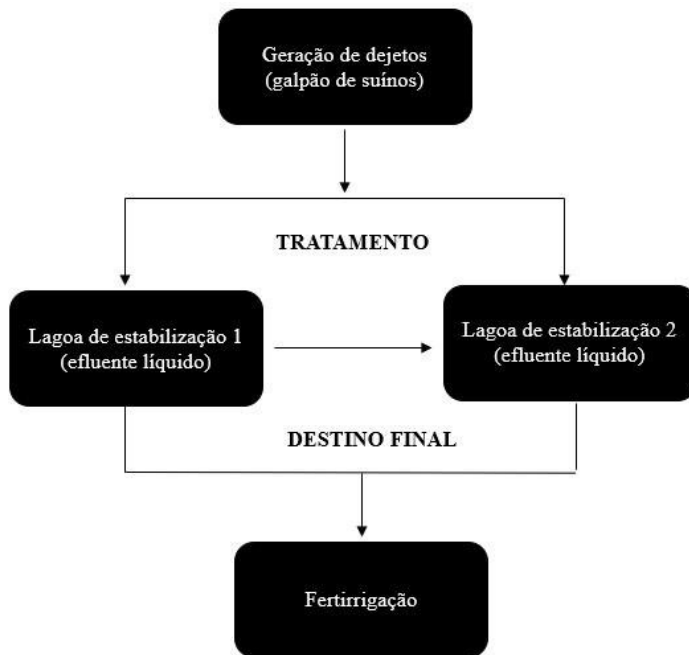
A produção dos efluentes ou dejetos líquidos da suinocultura é derivada da limpeza dos galpões, ela ocorre sob pressão e com uso de desinfetantes fornecidos pela empresa parceira BRF S.A.

A Propriedade B possui hidrômetro e realiza o registro diário do consumo de água utilizado na suinocultura. Durante a visita técnica, foi informado que o consumo total de água na suinocultura é de 40 m³ dia⁻¹ ou 16 L suíno⁻¹ e o volume total de dejetos líquido produzido é de 30 m³ dia⁻¹, por isso, nessa propriedade, cada suíno produz, em média, 12 L dia⁻¹ de dejetos líquido. Esse valor está dentro da faixa encontrada na literatura para unidades de crescimento e terminação de suínos (DARTORA et al., 1998; PERDOMO, 1999; OLIVEIRA, 2003 e TAVARES, 2012).

5.2.2 Caracterização do sistema de tratamento dos efluentes e disposição final dos subprodutos da suinocultura

O sistema de tratamento dos dejetos líquidos ou efluentes gerado na suinocultura da Propriedade B é composto por 2 lagoas de estabilização em série. O fluxograma apresentado pela FIGURA 24 representa estruturado funcionamento de todo o sistema de tratamento e disposição final dos dejetos líquidos.

FIGURA 24 – Fluxograma do sistema de tratamento da Propriedade B.



Fonte: do autor, 2019.

Os galpões de criação de suínos são compostos por conjunto de canaletas impermeáveis e instalações hidráulicas individuais, conduzindo todo o volume de dejetos líquido bruto produzido.

Após a limpeza das baias, os dejetos líquidos passam por um conjunto de canaletas de concreto retangulares impermeáveis de 0,2 m de profundidade por 0,2 m de largura por toda extensão do galpão até a unidade caixa de inspeção. A caixa de inspeção recebe os dejetos do galpão de criação 1 e possui forma retangular e material de concreto, as dimensões são 0,6 m por 0,6 m, profundidade de 0,5 m, totalizando um volume de 0,18 m³.

Em seguida, essa caixa de inspeção encaminha os dejetos por gravidade em tubulações enterradas de PVC (D = 150 mm) por aproximadamente 10 m de extensão até uma segunda caixa de inspeção. A primeira e segunda caixas de inspeção possuem os mesmos formatos e dimensões. Então, na segunda caixa de inspeção, concentram-se os dejetos produzidos do galpão 1 e 2, que posteriormente são encaminhados por gravidade em tubulação enterrada de PVC (D = 200 mm) até o sistema de tratamento em lagoas de estabilização. Após cada caixa de inspeção, estão instalados registros que servem para direcionar o efluente, a limpeza e a manutenção das unidades de tratamento.

No APÊNDICE C encontra-se a planta baixa, detalhando todo o sistema de tratamento dos dejetos líquidos da suinocultura da Propriedade B.

5.2.2.1 Lagoa de estabilização 1

O dejetos líquido bruto encaminhado entra na lagoa de estabilização 1 por meio de um conjunto de tubulação de entrada de PVC ($D = 200$ mm). A lagoa de estabilização 1 possui 25 m de comprimento por 15 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando um volume de 1125 m^3 . Ela ainda possui impermeabilização com lona PEAD com espessura de 0,8 mm e tempo de retenção hidráulica de 37,5 dias.

FIGURA 25 – Lagoa de estabilização 1 da Propriedade B.



Fonte: do autor, 2019.

O principal objetivo dessa lagoa é reduzir a carga orgânica e remoção da maior parte dos sólidos dos dejetos. Devido às características dimensionais da lagoa de estabilização 1, ela se assemelha mais a uma lagoa anaeróbia. As lagoas anaeróbias são mais retangulares na proporção de comprimento x largura de 2 a 3:1 e com profundidade superior a 2,2 m. O tempo de retenção hidráulica é em torno de 30 a 45 dias. Assim, após o período de retenção de 37,5 dias, a parte sólida dos dejetos é depositada no fundo da lagoa, devido ao fenômeno de sedimentação. O sólido sedimentado forma o lodo, a produção são pequenos, cerca de 2 a 3 % de matéria seca, dependendo do grau de diluição.

O tempo de remoção do lodo varia de acordo com o dimensionamento do sistema de tratamento e das características dos dejetos, como o sistema de tratamento da Propriedade B não apresenta uma etapa ou unidade primária de tratamento, como o tanque de equalização ou decantador, a frequência de remoção é inferior a 10 anos (DARTORA et al., 1998; ARAÚJO et al., 2012; VON SPERLING, 2017).

5.2.2.2 Lagoa de estabilização 2

Após ficar em retenção por aproximadamente 37,5 dias na lagoa de estabilização 1, a parte líquida e superior do dejetos tratado é transferida por gravidade, por meio de uma tubulação de PVC ($D = 150 \text{ mm}$), para a lagoa de estabilização 2. A lagoa de estabilização 2 possui 35 m de comprimento por 15 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando um volume de 1575 m^3 . Ela ainda possui impermeabilização com lona PEAD com espessura de 0,8 mm e tempo de retenção hidráulica de 52,5 dias. A FIGURA 25 apresenta as lagoas de estabilização em série, com enfoque na lagoa de estabilização 2 da Propriedade B.

FIGURA 26 – Lagoa de estabilização 2 da Propriedade B.



Fonte: do autor, 2019.

Devido à lagoa de estabilização 2 apresentar características dimensionais semelhantes às das lagoas facultativas, essa etapa do tratamento tem o principal objetivo

de reduzir a carga orgânica, os patógenos e uma parcela dos nutrientes (DARTORA et al., 1998; ARAÚJO et al., 2012; VON SPERLING, 2017).

Ao somar o tempo de retenção hidráulica das duas lagoas, ou seja, da lagoa de estabilização 1 e 2, o tempo máximo de retenção hidráulica para o dejetos líquido é de 90 dias, esse valor está dentro do padrão encontrado na literatura (ARAÚJO et al., 2012; VON SPERLING, 2017). Posteriormente ao tempo de retenção hidráulica de 90 dias, o efluente é tratado e encaminhado por bombeamento para a fertirrigação.

Devido ao manejo e tratamento dos dejetos de suínos da Propriedade B ocorrer na forma líquida, o principal subproduto formado é o efluente líquido ou biofertilizante. Por isso, sua destinação final ocorre pela fertirrigação na área de 221,12 ha de pastagem com *Brachiaria decumbens* na Propriedade B e nas propriedades vizinhas. Ainda nas propriedades vizinhas ocorre a fertirrigação em 102,05 ha de cultura anual de milho e 4,64 ha de cafeicultura.

A fertirrigação ocorre por meio de bombeamento em conjunto motobomba mais aspersores do tipo canhão ou chorumeira. A aplicação é de aproximadamente 50 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ em uma área total de 221,12 ha de pastagem com *Brachiaria decumbens* e cafeicultura.

5.2.3 Documentos e análise ambiental

Para a Propriedade B, os principais documentos analisados foram Parecer Técnico de Nº 53/2018, Formulário de Caracterização do Empreendimento (FCE), Formulário de Orientação Básica (FOB), RCA, PCA e outros documentos que possuíam conteúdo referente ao processo do licenciamento ambiental.

O parecer técnico foi encontrado no portal da prefeitura de Patrocínio – MG com o auxílio de servidores internos, devido ao enquadramento dessa atividade ser de esfera municipal e o processo de licenciamento ambiental estar como competência da SEMMA Patrocínio-MG. Os outros documentos referentes ao processo não foram encontrados disponíveis virtualmente no portal, por isso foram solicitados e obtidos junto ao órgão competente.

O Parecer Técnico de nº 53/2018 está indexado ao processo administrativo PA COPAM 39634/2017. Nele consta que a vistoria técnica foi realizada na data de 14/03/2018 e está em processo de deferimento/emissão da Licença de Operação Corretiva (LOC), com prazo de validade de 4 (quatro) anos para as atividades da DN COPAM

213/2017: G-02-05-04 suinocultura (crescimento e terminação) com porte 2.500 animais, G-01-06-6 cafeicultura com área de 21 hectares, G-01-06-6 silvicultura com área de 3,13 hectares, F-06-01-7 Ponto de abastecimento de 1 m³ e G-04-01-4 Beneficiamento primário (lavagem e secagem) de café com 300 t mês⁻¹. A atividade de maior impacto é a suinocultura de classe 03 e médio potencial poluidor. As outras atividades são classificadas como não passíveis de licenciamento. Durante as visitas técnicas, foi possível constatar uma criação máxima de 2500 suínos, sendo assim o empreendimento está respeitando o critério de tamanho/porte licenciado pelo órgão competente.

Em relação aos resíduos adversos da suinocultura, no parecer técnico não consta descrita a localização nem as dimensões exatas da unidade de compostagem dos animais mortos e do armazenamento dos resíduos de uso veterinário. Porém, nos anexos do parecer técnico, encontra-se o registro fotográfico, caracterizando/ilustrando o local de armazenagem dos medicamentos e também da área onde é realizada a compostagem dos suínos mortos. Isso mostra que, durante a vistoria técnica em relação à Propriedade B, os analistas do órgão competente ao licenciamento ambiental verificaram a situação e o desempenho das ações naquele local. O documento ambiental também não informa a quantificação e caracterização desses resíduos, só descreve que se encontram no RCA e PCA fornecidos pelo produtor e seu responsável técnico. Verificou-se ainda que a empresa parceira é responsável pelo recolhimento dos resíduos de uso veterinário e a disposição final adequada por empresa licenciada. O comprovante de descarte foi fornecido pelo empreendedor e anexado no início do processo de licenciamento ambiental.

Em relação ao consumo de água da Propriedade B, o parecer técnico informa que a captação ocorre em barramento de uso insignificante com nº 39793/2017 para fins de consumo humano e dessedentação de animais, com ($Q = 1 \text{ L s}^{-1}$) de 6 horas por dia e validade até 30/11/2020. O parecer técnico informa um volume total do consumo de água de 46,8 m³ dia⁻¹ para todas atividades da Propriedade B, exclusivamente 45 m³ dia⁻¹ ou 18 L animal⁻¹ dia⁻¹ para a suinocultura. Ao comparar com os documentos fornecidos pelo empreendedor e observados em visita técnica, o parecer técnico informou um volume maior do que relatado pelo empreendedor (40 m³ dia⁻¹). Essa diferença pode ser explicada devido ao responsável técnico pelo empreendimento realizar a estimativa usando uma metodologia e os analistas do órgão regulador outra. Mesmo que essa diferença seja pequena, o importante é que o órgão ambiental e o empreendedor conheçam o consumo de água exato ou que represente a realidade local daquela atividade, pois a crescente

demanda por recursos ou até mesmo uma ampliação do seu sistema produtivo pode impactar negativamente a disponibilidade de recurso hídrico daquele local.

Em relação ao dejetos líquido gerado na suinocultura da Propriedade B, o parecer técnico não informou o volume produzido, somente cita que ele é tratado por 02 lagoas impermeabilizadas, com lona de PEAD de 0,8 mm, totalizando uma capacidade de armazenamento de 2687,50 m³. O parecer técnico não apresenta a quantificação, caracterização (bruto e tratado) dos dejetos líquidos produzidos nem as dimensões exatas de cada lagoa, somente os valores teórico/estimado do consumo de água e a capacidade máxima de armazenamento das duas lagoas em série, o mesmo que está descrito no RCA e PCA fornecido pelo empreendedor. Sem considerar o dimensionamento exato do sistema de tratamento, fica difícil realizar uma análise ambiental real e completa, bem como a disposição final ambientalmente adequada. Pois, ao saber as características dos dejetos e as dimensões exatas das unidades projetadas, é possível saber se esse sistema está sendo eficiente em atender à legislação ambiental vigente, na demanda atual ou futura de produção, e se ele minimiza o impacto negativo ao meio ambiente.

Nesse sentido, após observação in loco, foi possível constatar que a lagoa de estabilização 1 possui um TDH de 37,5 dias e a lagoa de estabilização 2 de 52,5 dias, totalizando 90 dias se o tratamento for realizado em série. Caso o produtor utilizar o tratamento somente na lagoa de estabilização 1, o sistema estará subdimensionado e não será possível realizar a estabilização completa do volume de dejetos gerado. Ainda, no caso de ampliação no sistema produtivo ou descontrole do consumo de água, maior será o volume de dejetos líquido produzido e, conseqüentemente, maior será a necessidade de tratamento. Como não se conhece a caracterização do dejetos bruto, realizar somente o tratamento na lagoa de estabilização 1 pode acarretar alto risco de contaminação ambiental no solo e, por sua vez, do lençol freático, devido à operação abaixo dos critérios mínimos e técnicos encontrados na literatura (ARAÚJO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015).

Em caso do produtor utilizar o tratamento somente na lagoa de estabilização 2, o sistema de tratamento estará operando no limite e mesmo assim tem-se a possibilidade de acarretar riscos de contaminação ambiental. Por isso, para atender ao tempo mínimo de oxidação da matéria orgânica, nutrientes e patógenos, o tratamento dos dejetos produzidos na Propriedade B deve sempre ser realizado em série ou em casos emergenciais ou de manutenção na lagoa de estabilização 2, nunca somente na lagoa de estabilização 1.

Em relação à disposição final do dejetos líquido da suinocultura, o RCA e PCA

descrevem que, após o tratamento, o efluente é utilizado na fertirrigação de pastagens da espécie *Brachiaria decumbens* nas fazendas vizinhas. Já o parecer técnico informa que a destinação final do efluente da suinocultura ocorre na fertirrigação da cafeicultura de algumas propriedades vizinhas. Porém, ao analisar a carta de anuência das propriedades vizinhas, a maior parte da fertirrigação ocorre em áreas de pastagem com 221,12 ha, na cultura anual de milho em 102,05 ha e em 4,64 ha na cafeicultura. Isso mostra que ocorreu uma divergência no conteúdo dos documentos ambientais (PCA, RCA, carta de anuência e parecer técnico) em relação à disposição final do efluente da suinocultura da Propriedade B.

Na fertirrigação de efluentes da suinocultura, o conhecimento da dimensão da área, do tipo de cultura, das características físico-químicas do dejetos (bruto, tratado) e do solo onde será aplicado é primordial, pois, com essas informações, é possível elaborar um plano de aplicação do dejetos, o qual representa melhor a eficiência da necessidade da exportação de nutrientes, além de identificar o volume máximo aplicável sem trazer risco de contaminação ambiental.

Nesse caso, vale ressaltar que os cálculos do plano de aplicação do efluente foram realizados somente a partir da cultura de pastagem, assim os produtores podem estar ocasionando contaminação do solo ou até mesmo perdendo eficiência na exportação de nutrientes. Por isso, além de saber se o sistema de tratamento está eficiente, o empreendedor deve conhecer a composição físico-química do dejetos produzido para elaborar e decidir a melhor área ou tipo de destinação final.

O parecer técnico ainda condiciona o certificado de LOC por meio da comprovação do automonitoramento durante todo o período de vigência da licença. O automonitoramento da suinocultura da Propriedade B consiste em:

- Apresentar o monitoramento semestral da eficiência do sistema de tratamento, por meio da análise dos parâmetros: pH, DBO, DQO, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cobre e zinco.
- Apresentar o monitoramento diário da impermeabilização de todas as unidades de armazenamento e condução dos dejetos líquidos, evitando a contaminação do solo.
- Apresentar anualmente o laudo da análise química do solo fertirrigado com o dejetos líquido nas camadas 0 a 20 e 20 a 40 cm e com os seguintes parâmetros: pH, P, K, Al, Na, Cu, Zn, Ca, Mg, CTC, matéria orgânica e saturação de bases.

Ao observar as condicionantes e o programa de automonitoramento dos resíduos e efluentes gerados pela suinocultura da Propriedade B, o órgão ambiental não citou:

- o controle e monitoramento qualitativo da presença de odores desagradáveis, vetores e pragas próximos dos galpões de criação e lagoas de estabilização;
- a presença da informação coordenadas geográficas dos locais de coleta de solos para análise;
- o comprovante de disposição adequada dos resíduos de uso veterinário por empresas licenciadas;
- o controle e monitoramento do sistema de compostagem dos animais mortos;
- o plano de manejo dos nutrientes (aplicação da fertirrigação e adubo orgânico da compostagem) com as seguintes informações: local, manejo, cultivo e dimensões das áreas aplicadas, quantidade, frequência, forma de aplicação e cronograma.

5.2.4 Recomendações para suinocultura da Propriedade B

Na tentativa de complementar os documentos técnicos analisados e de realizar uma suinocultura mais sustentável em relação ao meio ambiente, o empreendedor da Propriedade B deverá:

- (1) conhecer e registrar diariamente o volume de dejetos líquidos produzido por suíno (L dia-1 suíno-1);
- (2) implementar sistemas de reuso de água da chuva para a lavagem dos galpões e outras unidades da suinocultura;
- (3) sempre respeitar fielmente o programa de automonitoramento e prazo de renovação da licença descrito pelo órgão ambiental;
- (4) elaborar um cronograma de monitoramento com maior precisão e frequência do sistema de compostagem dos animais mortos nos parâmetros: pH, umidade, temperatura, oxigenação, tempo de compostagem odores e presença de insetos;
- (5) em caso de alguma alteração no sistema de produção, volume de geração dos dejetos, tratamento e acidentes, informar imediatamente o órgão ambiental;

- (6) implementar um sistema alternativo de tratamento, não depender somente das lagoas de estabilização 1 e 2, pois, em casos de acidentes, manutenção ou ampliação da produção, esse novo sistema de tratamento substituirá o atual;
- (7) realizar a destinação final do dejetos líquido no solo após conhecer suas características físico-químicas e biológicas;
- (8) definir a melhor área, elaborar e implementar um cronograma de aplicação do dejetos líquido e adubo orgânico no solo, fora de locais próximos de cursos d'água e de maneira subsuperficial que permita a infiltração e respeite o limite de saturação dos nutrientes no solo.

5.3 Propriedade C

5.3.1 Caracterização e disposição final dos resíduos advindos da suinocultura

Os principais resíduos gerados pela suinocultura da Propriedade C são os de uso veterinário, animais mortos, efluentes líquidos e atmosféricos.

Os resíduos de uso veterinários produzidos pela Propriedade C são compostos por vacinas, seringas, agulhas bisturis e embalagens vazias de medicamentos. Esses resíduos são recolhidos, identificados e armazenados temporariamente em tambores, localizados no Centro de Triagem de Resíduos Sólidos, em área protegida da chuva, até a destinação final por empresa terceirizada. A Propriedade C não possui o registro da quantidade desse tipo de resíduo, acumula-se um volume suficiente e depois ele é recolhido pela empresa especializada.

Em relação às carcaças de animais mortos e restos placentários, a Propriedade C possui a geração mensal de 4850 kg de resto de parição, 482 leitões mortos nos galpões de maternidade e creche e 129 animais de matrizes e terminação. Após identificados, são retirados do sistema produtivo e encaminhados para o tratamento em compostagem. O tratamento de compostagem ocorre em duas unidades, cada unidade possui 4 células de tratamento. As unidades de tratamento possuem estrutura de alvenaria com telhado de alumínio de 2 metros de altura, por 10 metros de comprimento e 1 de largura, totalizando 20 m³ em cada unidade ou capacidade máxima de 40 m³ para realizar a compostagem. Durante as visitas técnicas, a área de compostagem estava passando por reforma/ampliação.

A FIGURA 27 apresenta a área de compostagem dos suínos mortos e afins da Propriedade C.

FIGURA 27 – Área de compostagem dos suínos mortos e afins da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

A compostagem na Propriedade C ocorre em camadas de serragem da unidade de separação dos sólidos (10 a 20 cm); animal/carcaça ao centro, evitando encostar nas paredes, e e camada final de serragem, até cobrir todo animal visível. Esse procedimento é realizado de acordo com a mortalidade dos suínos, após ser preenchida totalmente, a célula fica fechada no prazo de 120 - 150 dias até a estabilização e formação do composto orgânico. Após todo esse período de decomposição, o composto produzido é aplicado na adubação da área de pastagem ou eucalipto da Propriedade C.

O principal efluente atmosférico da Propriedade C ocorre no sistema tratamento por biodigestor canadense por meio da digestão anaeróbia e odores característicos da atividade. Os principais gases produzidos na Propriedade C são metano (CH_4) e o gás carbônico (CO_2). Durante as visitas técnicas, foi possível verificar que, após a produção do metano nos biodigestores, esse gás é encaminhado por canalizações até o local de queima, transformado em gás carbônico e posteriormente liberado na atmosfera.

Ainda, durante as visitas, constatou-se a presença de odores e insetos, eles foram mais evidentes próximo às áreas dos galpões de suínos, lagoas de estabilização e, principalmente, unidades separadoras de sólidos finos (decantadores) do que em relação

às áreas dos biodigestores. Isso pode ser explicado devido aos biodigestores possuírem o gasômetro e assim aprisionarem o gás produzido, evitando o contato com a atmosfera e, por sua vez, a proliferação de odores e insetos. Já no caso da área dos decantadores foi observada a maior presença de odores e insetos. Isso porque nos decantadores o dejetos bruto está em processo inicial de decomposição, ficando longos períodos em fase de decantação e em contato com a atmosfera, assim aumentando a proliferação de insetos e odores (CARDOSO et al., 2015).

Em relação ao sistema de abastecimento de água da Propriedade C, ocorrem captações superficiais e subterrâneas. As captações superficiais ocorrem em barramento em represa e diretamente em corpo d'água. Em barramento, o volume máximo acumulado é de 10009 m³ dividido em 5 represas: 262 m³; 2308 m³; 2776 m³; 2990 m³ e 1673 m³, todas elas são de uso insignificante e com validade até 02/05/2019. Já as captações superficiais diretamente em corpo d'água possuem as respectivas coordenadas geográficas e vazão captada de 220 L s⁻¹ (18° 54'25'' S e 47°04'05'') para irrigação de 208,30,00 ha; 89 L s⁻¹ (18°55'10'' S e 47°03'43'') para irrigação de 64,70,00 ha e 245 L s⁻¹ (18°55'21'' S e 47°03'00'') para irrigação de 189,40,00 ha.

A Propriedade C possui hidrômetro somente nas captações subterrâneas (poços tubulares) e não realiza o registro diário do consumo de água utilizada somente na suinocultura. Durante a visita técnica, foi informado que o consumo médio total de água na suinocultura é de 320 m³ dia⁻¹ ou 9,7 L suíno⁻¹ e o volume médio total de dejetos líquido produzido é de 176 m³ dia⁻¹. Assim, cada suíno produz, em média, 5,33 L dia⁻¹ de dejetos líquido. Esses valores estão dentro da faixa encontrada na literatura para unidades de ciclo completo de suínos (DARTORA et al., 1998; PERDOMO, 1999; OLIVEIRA, 2003 e TAVARES, 2012).

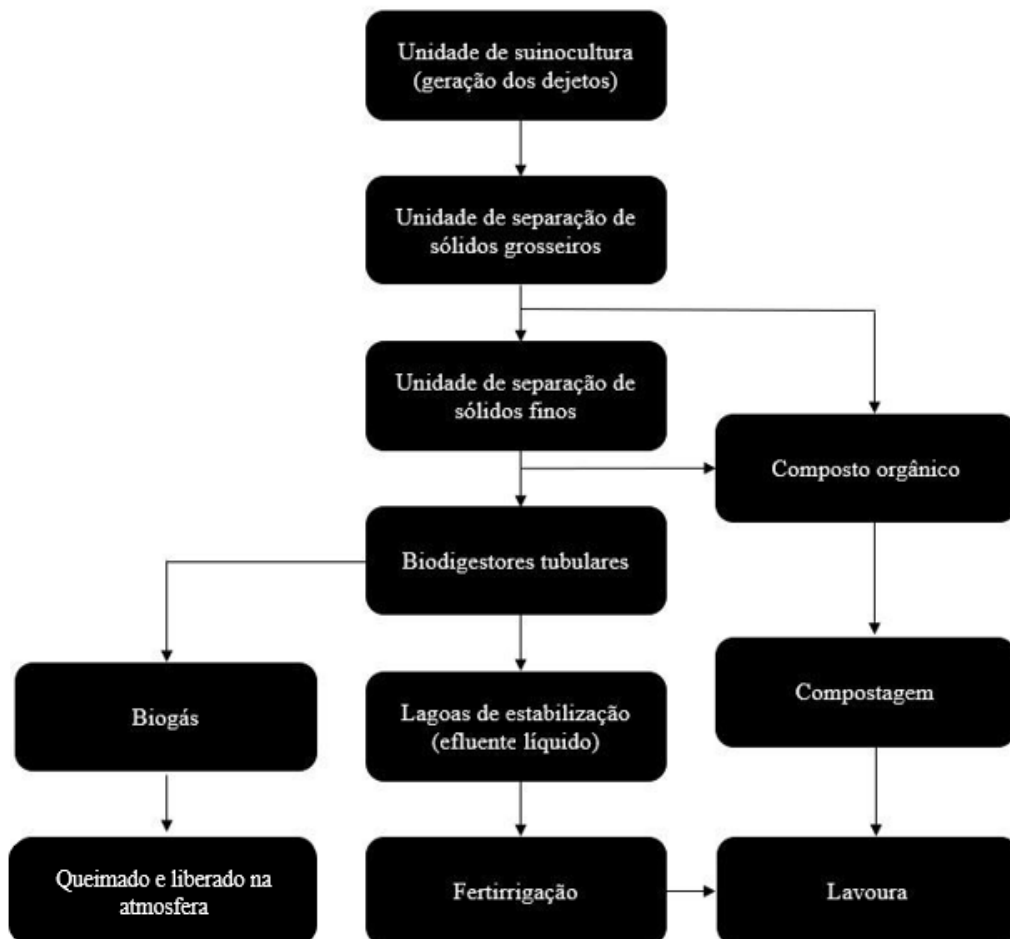
Não foi possível localizar, junto ao empreendedor e ao órgão responsável, o laudo técnico da caracterização do dejetos líquido de suíno bruto (sem o tratamento).

5.3.2 Caracterização do sistema de tratamento dos efluentes e disposição final dos subprodutos da suinocultura

O sistema de tratamento dos dejetos líquidos ou efluentes da suinocultura da Propriedade C é dividido em duas unidades, a unidade de suinocultura 1 e 2. Ao todo, o sistema de tratamento possui 02 unidades de separador de sólidos grosseiros, 02 unidades de decantadores, 04 biodigestores canadenses e 06 lagoas de estabilização. Nas duas

unidades de suinocultura, a operação e o sistema de tratamento ocorrem de mesma maneira. O fluxograma apresentado pela FIGURA 28 representa o funcionamento de uma das unidades de criação, sistema de tratamento e disposição final dos dejetos líquidos da suinocultura da Propriedade C.

FIGURA 28 – Fluxograma do sistema de tratamento da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

No APÊNDICE D encontra-se a planta baixa, detalhando todo o sistema de tratamento dos dejetos líquidos da suinocultura da Propriedade C.

5.3.2.1 Separador de sólidos

Após a limpeza e geração dos dejetos líquidos, um conjunto de tubulações de PVC (D = 150 mm) conduz o efluente bruto dos galpões de criação, por gravidade, até uma

caixa de inspeção e, em seguida, a um tanque de equalização. A caixa de inspeção é construída acima do nível do solo, possui forma retangular e material de concreto, as dimensões são 0,8 m de comprimento por 0,6 m de largura e profundidade de 0,6 m, totalizando um volume útil de 0,30 m³. O tanque de equalização possui forma octogonal e é revestido de material impermeável (concreto). O comprimento de um dos lados mede 1 m, com profundidade de 3 m, totalizando um volume de 15 m³.

A FIGURA 29 representa a caixa de inspeção e tanque de equalização da Propriedade C.

FIGURA 29 – Caixa de inspeção e tanque de equalização da Propriedade C.



29a – Caixa de inspeção. 29b – Tanque de equalização Fonte: do autor, 2019.

A principal função do tanque de equalização é homogeneizar o efluente bruto e auxiliar a vazão na entrada e saída do dejetos líquido no separador de sólidos grosseiros, comportando-se como um reservatório.

O galpão onde ocorre a separação dos sólidos grosseiros possui uma bomba helicoidal instalada a uma altura de 7 m, na qual recalca-se $Q = 20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de dejetos bruto do tanque de equalização e realiza-se a separação do meio sólido-líquido por meio de um conjunto de filtro e movimento centrífuga.

A FIGURA 30 apresenta o galpão de separação dos sólidos grosseiros.

FIGURA 30 – Galpão de separação dos sólidos grosseiros da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

Após o efluente bruto sofrer a separação sólido-líquido, a parte sólida é depositada em uma caçamba localizada no interior do galpão (FIGURA 29) protegido da chuva. O sólido resultante desse processo não apresenta odor e possui uma consistência seca semelhante à serragem, por isso na Propriedade C ele é utilizado como matéria-prima da compostagem e produção de adubo orgânico. O galpão de separação dos sólidos grosseiros possui 14 m de comprimento por 13 m de largura e 10 m de altura.

A parte líquida retorna ao tanque de equalização por uma tubulação ($D = 100 \text{ mm}$) e posteriormente é bombeada para a unidade de separação dos sólidos mais finos ou também denominados decantadores.

Os decantadores, por sua vez, são responsáveis pela remoção dos sólidos de partículas menores do meio líquido (efluente de suínos bruto). Essa remoção ocorre pelo fenômeno de sedimentação das partículas sólidas por toda extensão do decantador. Cada unidade de decantação possui instalados 6 decantadores. A dimensão de cada decantador é de 20 m de comprimento, por 3 m de largura e 1 m de profundidade, totalizando um volume de 60 m^3 por decantador e capacidade máxima de 360 m^3 em cada unidade de suinocultura. As duas unidades de suinocultura e tratamento possuem juntas uma capacidade de 720 m^3 de decantação. A operação dos decantadores é realizada de maneira intermitente, ou seja, enquanto 3 deles estão sendo preenchidos com o volume dos dejetos

brutos, os outros 3 estão em etapa de decantação. A etapa de decantação dura aproximadamente 6 meses e posteriormente ocorre a limpeza ou o esvaziamento do decantador por retroescavadeira. Os sólidos finos ou também chamados de lodo dos decantadores são enviados para a área de compostagem junto com os sólidos grosseiros e animais mortos. A FIGURA 31 representa a área de remoção dos sólidos grosseiro e fino da Propriedade C.

FIGURA 31 – Área de remoção dos sólidos da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

Foi relatado em visita técnica que, após a implementação dessas unidades de (pré-tratamento) remoção dos sólidos (grosseiro e fino), notou-se uma redução dos sólidos decantados nos biodigestores e, por sua vez, um aumento no tempo de vida útil (limpeza) dessas unidades. Isso pode ser explicado por ter menor acúmulo de lodo nos biodigestores durante o processo de tratamento.

Em seguida, após o dejetos líquido passar pelas unidades de remoção dos sólidos

(grosseiros e finos), ele é encaminhado por canaletas até um poço de sucção, nesse poço duas bombas iguais e em série ($Q_{\text{máx}} = 115,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e $\text{Pot} = 20 \text{ cv}$) recalcam o efluente bruto para o sistema de tratamento em biodigestor canadense.

5.3.2.2 Biodigestor Canadense

Em cada unidade de suinocultura, a Propriedade C possui instalado 2 biodigestores canadenses, ou seja, ao todo são 4 biodigestores canadenses. A dimensão de cada biodigestor é de 50 m de comprimento, por 15 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando um volume de 2250 m^3 por biodigestor e 9000 m^3 em toda Propriedade C.

A FIGURA 32 representa os biodigestores canadenses de uma das unidades de tratamento da Propriedade C.

FIGURA 32 – Biodigestores canadenses de uma unidade de tratamento da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

A operação dos biodigestores ocorre de maneira intermitente ou simultaneamente até atingir todo seu volume útil, dependendo do volume de dejetos líquidos gerados. Ao considerar a produção diária de $176 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ de dejetos líquidos brutos, o TRH máximo de todos os biodigestores da Propriedade C fica em torno de 52 dias. Diversos autores relatam a utilização de TRH na faixa de 30 a 60 dias. Quanto maior o TRH, melhor a

eficiência de remoção de matéria orgânica, nutrientes, micro-organismos e produção de biogás (SILVA 2009; BRANCO 2013; RICARDO, 2012; NOGUEIRA et al., 2015; MARTINS, 2017; MENDONÇA 2017).

No processo de digestão anaeróbica do dejetos ocorre a produção de biogás, esse, por sua vez, infla a manta de cobertura também denominada gasômetro. Essa cobertura inflável possui um conjunto de tubulação de saída com registros conectados, que conduz o biogás até o queimador. Nele, ocorre a combustão do gás metano e a transformação dele em dióxido de carbono, posteriormente o gás é liberado para atmosfera.

O sistema de queima do biogás é automatizado, por isso possui um sensor que inicia/desliga a chama de queima automaticamente, sem a necessidade de mão de obra humana. Ainda foi informado que a Propriedade C está em trâmites legais em relação a conseguir produzir energia elétrica com o volume de biogás produzido, porém, após várias tentativas no órgão regulador, no caso a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Companhia Energética de Minas Gerais S.A (CEMIG), ainda não conseguiu obter esse aproveitamento energético, que no momento encontra-se em processo.

Além do biogás, os biodigestores canadenses também produzem um lodo, parte sólida que é decantada no fundo do biodigestor. Esse lodo é retirado no processo de limpeza e aproveitado na compostagem para produção de adubo orgânico e fertilização de culturas anuais na Propriedade C.

A parte líquida ou efluente tratado nas unidades de biodigestores são encaminhados por um conjunto de tubulações e bombas para a unidade lagoa de estabilização. Não foi possível encontrar, junto ao empreendedor e respectivo órgão ambiental, o laudo técnico de análise do efluente tratado após as unidades dos biodigestores canadenses.

5.3.2.3 Lagoas de estabilização

Nas duas unidades de tratamento da Propriedade C, foi possível observar, ao todo, 5 lagoas de estabilização. Somente na unidade 1 de tratamento observaram-se 3 lagoas, já na segunda unidade foram observadas apenas 2 lagoas.

A FIGURA 33 representa as lagoas 1 e 2 da unidade 1 de tratamento da Propriedade C.

FIGURA 33 – Lagoas 1 e 2 da unidade 1 de tratamento da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

A FIGURA 34 representa a lagoa de estabilização 3 da unidade 1 de tratamento da Propriedade C.

FIGURA 34 – Lagoa 3 da unidade 1 de tratamento da Propriedade C.



Fonte: do autor, 2019.

As dimensões das lagoas de unidade 1 são:

- Lagoa 1: 100 m de comprimento, por 40 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando um volume de 12000 m³;
- Lagoa 2: 20 m de comprimento por 45 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando 2700 m³;
- Lagoa 3: 25 m de comprimento por 15 m de largura e 4 m de profundidade, totalizando 1500 m³.

Já as dimensões das lagoas da unidade 2 são:

- Lagoa de estabilização 1: 50 m de comprimento por 22 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando um volume de 3300 m³.
- Lagoa de estabilização 2: 40 m de comprimento por 25 m de largura e 3 m de profundidade, totalizando 3000 m³.

Todas as lagoas da Propriedade C são impermeabilizadas com manta de PEAD de espessura de 1 a 2 mm. Elas foram instaladas como o objetivo de armazenar o efluente tratado e de auxiliar as unidades de tratamento, em caso de manutenção ou emergência. Assim, em caso de manutenção ou emergência, a Propriedade C possui esse sistema de segurança para evitar a contaminação direta do solo e recurso hídrico, com dejetos de suíno. O volume máximo de armazenagem nas duas unidades de tratamento é de 22500 m³.

Além de armazenar e auxiliar outras unidades de tratamento, as lagoas da Propriedade C são utilizadas para diluir o biofertilizante e reaproveitá-lo na fertirrigação das culturas anuais, como milho, soja, batata, girassol e outros.

Não foi possível encontrar, juntamente ao empreendedor e órgão ambiental, o laudo técnico da caracterização físico-química do biofertilizante e dos solos fertirrigados. Também não foi encontrado um plano de reaproveitamento do biofertilizante na Propriedade C

5.3.3 Documentos e análise ambiental

Para a análise documental da Propriedade C, os principais documentos encontrados foram o Parecer Técnico de nº 305626/2010 referente ao Licenciamento Ambiental nº 131/1997/001/2009 e Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental RADA, datado em janeiro de 2017. Esses documentos foram encontrados no Sistema

Integrado de Informação Ambiental (SIAM) da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) de Minas Gerais.

Ainda no sistema do órgão ambiental estadual não foi possível ter acesso a outros documentos pertinentes ao processo de licenciamento ambiental da Propriedade C, como RCA, PCA, Laudo de análises, Formulário de Orientação Básica Integrado (FOBI) e outros exigidos ao empreendedor. No sistema eletrônico, esses documentos estavam com status “digitalizados”, porém, após abri-los, eles não se encontravam. Devido a esse resultado, também se realizou a busca de documentos ambientais da Propriedade C no Portal Nacional de Licenciamento Ambiental (PNLA) do Ministério do Meio Ambiente, nele constou que o processo da licença ambiental para suinocultura de ciclo completo estava arquivado. Em uma das visitas técnicas, foi informado que a Licença de Operação do Processo COPAM 131/1997/001/2009 venceu em 15/03/2017 e antes do vencimento foi protocolada toda documentação para renovação. Devido à alteração e implementação da nova legislação ambiental (DN 217/2017), o órgão ambiental (SEMAD) informou ao empreendedor que o seu processo de renovação da licença foi transferido e passou a ser competência do órgão municipal SEMMA, em Patrocínio-MG. Assim, o processo de renovação da Licença de Operação Corretiva da Propriedade C está em andamento na SEMMA, em Patrocínio-MG

Por isso, o parecer técnico analisado neste trabalho é referente à última licença ambiental concedida à Propriedade C. A vistoria do órgão ambiental ocorreu em 28/04/2009, constando as atividades: G-02-03-1 Culturas anuais com 750 ha de classe 3, G-02-04-6 Suinocultura Ciclo Completo com 20000 cabeças de suínos de classe 3, G-02-08-9 Bovinocultura de corte confinado com 900 cabeças de classe 1, G-03-02-6 Silvicultura de 45 ha não passível e G-04-01-4 Beneficiamento primário de grãos com 1500 ton mês-1 de classe

Essas atividades e seus respectivos códigos são referentes à DN 130/2009, a qual era vigente na época.

Entre as atividades desenvolvidas na Propriedade C, o parecer técnico informa que a suinocultura de ciclo completo (gestação, maternidade, creche e terminação) possui a possibilidade de ocasionar o impacto mais significativo ao meio ambiente. Durante as visitas técnicas deste estudo, foi informado pelo responsável do setor que a suinocultura atual possui 33000 suínos, com isso ela apresentou um número maior de suínos do que descreve a licença ambiental e o parecer técnico. Como o processo de renovação está em andamento, a nova licença ambiental deverá contabilizar a expansão da produção.

Em relação aos resíduos adversos da suinocultura de uso veterinário, o parecer técnico informa que a Propriedade C possui um local de armazenagem para esses até a destinação final, porém não informa a quantidade nem a localização exata e muito menos as condições de armazenagem desse resíduo produzido. Toda essa informação inexistente no parecer técnico constapresente no RADA. Deve-se exigir maior atenção, por parte do órgão fiscalizador e produtor rural, na gestão dos resíduos de serviço de saúde, pois estes possuem grande risco de contaminar o meio ambiente e a saúde da população. De acordo o Art. 20 da Lei 12305/2010, referente à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), todos os geradores de resíduos, incluindo os de serviço de saúde, estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos, o qual deve ser exigido e nele informado um conteúdo mínimo, como a quantidade e local de armazenagem.

Para os resíduos de animais mortos e subprodutos orgânicos (sólidos grosseiros e lodo dos decantadores), também ocorre a mesma inexistência de informações, em que o parecer técnico somente cita a produção desses resíduos, não informando a quantificação, o modo e o local de armazenagem até a disposição final. Já no RADA consta descrita toda a quantificação e disposição final desses tipos resíduos. Porém, em nenhum dos dois documentos, encontram-se descritas as informações e dimensões da composteira nem a caracterização físico-química do adubo orgânico produzido.

Em relação aos efluentes atmosféricos (biogás e odores característicos), no parecer técnico, consta descrita a produção de gases de efeito estufa e que eles são transformados em CO₂. Nota-se que o documento não descreve qual gás é gerado nem a quantidade/local produzida. Uma outra informação referente à mitigação da geração era o órgão ambiental propor a implementação da cogeração de energia elétrica em vez de somente transformar o metano em gás carbônico e liberar na atmosfera. No RADA não foi encontrada nenhuma informação referente à produção de biogás nem sobre o reaproveitamento energético, já em relação aos odores característicos da suinocultura, o documento cita que, para minimizar a geração, diariamente é realizada a limpeza dos galpões de suínos.

Em relação ao consumo de água na Propriedade C, o parecer técnico somente cita 5 captações por poços tubulares e 5 captações de barramento em corpo d'água. Ainda, não foi possível encontrar descritos a localização, vazão e/ou o volume de água captada em cada sistema de captação e o registro do consumo total de água na suinocultura. Para a análise ambiental da Propriedade C, o parecer técnico não levou em consideração o valor quantitativo da utilização do recurso hídrico, somente a situação dos processos de outorgas. Já no RADA constam-se descritas com maior detalhe as informações referentes

ao sistema de abastecimento de água, como a situação do processo, validade das licenças, coordenadas geográficas, imagem do local, quantitativo volume/vazão captado e os usos preponderantes. Porém, nele também não se contempla o registro do consumo total de água na suinocultura.

Em relação ao volume de dejetos líquido gerado pela suinocultura, o parecer técnico informou 129,63 m³ dia-1 ou 6,48 L animal-1 dia-1, que estão divergentes em relação ao encontrado no RADA e informado em visita técnica, de 176 m³ dia-1 ou 5,33 L animal-1 dia-1. A diferença pode ser explicada, devido ao processo de licenciamento ambiental ter sido elaborado com base no porte de 20000 animais no ano de 2009 e na realidade atual o número de suínos é de 33000 cabeças. Porém, ao se observar esses números, nota-se que, mesmo com o aumento da produção de suínos, a razão de geração do volume por suíno diminuiu, assim esse valor não representa exatamente a realidade, pois, ao considerar o mesmo sistema de criação: quanto maior a quantidade de suínos, maior o consumo de água e conseqüentemente maior a produção de dejetos. Aqui, fica evidente a falta de exatidão no volume produzido de dejetos e a importância de se registrar e de ter o conhecimento do volume de dejetos produzidos.

Em meio documental, a Propriedade C possui autorização do órgão ambiental de um sistema produtivo de até 20000 animais, mas o que deve ser verificado é se as unidades instaladas para o tratamento dos dejetos estão projetadas adequadamente de forma a garantir e suportar o volume atual e futuro de produção e que esse não apresente risco de contaminação ambiental.

No parecer técnico consta descrito que o tratamento dos efluentes ocorre em 4 biodigestores seguidos por 4 lagoas de estabilização. O documento não informa a descrição e dimensões completas das unidades de tratamento nem a análise do dejetos de suínos bruto e tratado. Esses dados são extremamente importantes para uma análise ambiental adequada, pois, ao saber as dimensões, é possível ter o conhecimento se o sistema de tratamento está sendo eficiente em atender à demanda atual e futura, à legislação ambiental vigente e se irá minimizar o impacto negativo ao meio ambiente.

Em uma das visitas técnicas e descrito pelo documento RADA, o sistema de tratamento atual possui instaladas algumas unidades que não estão descritas no parecer técnico, como o galpão de separação de sólidos e os decantadores. Assim, nesse aspecto, o parecer técnico encontrou-se incompatível com a realidade local. Essa incompatibilidade pode ser explicada pela data de elaboração do documento, na qual ainda não se encontravam instaladas essas unidades.

Ainda em relação ao sistema de tratamento, em nenhum dos dois documentos (parecer técnico e RADA) foram encontrados descritos os laudos técnicos do efluente (bruto e tratado) nem os valores das dimensões exatas de cada unidade de tratamento.

Em relação à disposição final do efluente tratado (biofertilizante) e resíduos de compostagem (adubo orgânico), o parecer técnico e o RADA não apresentaram um plano de aplicação ou informações referentes ao reaproveitamento em culturas anuais, somente citaram que os subprodutos são aplicados no solo. Sem um plano de aplicação adequado, em que se contemplam-se, no mínimo, a caracterização da área (solo e entorno), adubo (dosagens), maneira (taxa de aplicação) e tempo de aplicação, pode-se levar à contaminação de solos e recursos hídricos devido ao excesso de nutrientes (PALHARES et al., 2016).

O parecer técnico ainda deixa como condicionante o certificado de LOC por meio da comprovação do automonitoramento em tempo determinado, durante todo o período de vigência da licença (6 anos). O automonitoramento da suinocultura da Propriedade C consiste em:

- antes da operação da unidade de cogeração de energia elétrica, deve-se apresentar o registro expedido pela ANEEL;
- apresentar anualmente, durante a vigência da LOC, o relatório da taxa de aplicação dos dejetos da suinocultura calculada e justificada a partir das boas práticas de manejo e conservação do solo. Ainda nesse relatório deve conter a interpretação e resultado de análises do solos, dejetos fertirrigados e recomendação de fertirrigação para o ano subsequente;
- armazenar os resíduos de uso veterinário e apresentar anualmente, durante a vigência da LOC, o comprovante de disposição final adequada por empresas licenciadas;
- executar o Programa de Automonitoramento definido pela SUPRAM TM/AP.

O programa de automonitoramento consta descrito no anexo 1 do parecer técnico e deve ser declarado anualmente durante a vigência da LOC (6 anos):

- antes de utilizar o equipamento, monitorar a vazão do biofertilizante aplicado no solo pelo aspersor-canhão/chorumeira;
- monitorar a eficiência do sistema de tratamento (biodigestores) na entrada e saída, observando, no mínimo, os seguintes parâmetros: DBO, DQO, pH, nitrogênio total, fósforo total, potássio total, cobre e zinco;

- promover análise do solo nas áreas onde ocorrer aplicação dos dejetos nas profundidades de 0-20 cm, 20-40 cm, observando, no mínimo, os seguintes parâmetros: pH, N, P, K, Al, Na, Cu, Zn, Ca, Mg, CTC, matéria orgânica e saturação de bases.

5.3.4 Recomendações para suinocultura da Propriedade C

Na possibilidade de realizar uma suinocultura mais sustentável em relação ao meio ambiente, o empreendedor da Propriedade C deverá:

- (1) conhecer e registrar diariamente o volume de água utilizado na criação de suínos e dos dejetos líquidos produzidos (L dia-1 suíno-1);
- (2) implementar sistemas de reuso de água da chuva para a lavagem dos galpões e outras unidades da suinocultura;
- (3) sempre respeitar fielmente o programa de automonitoramento e prazo de renovação da licença descrito pelo órgão ambiental;
- (4) elaborar um cronograma de monitoramento com maior precisão e frequência das unidades de tratamento, decantadores, biodigestores e compostagem dos animais mortos. Para os decantadores nos parâmetros, observar os sólidos e a produção de lodo excedente. Para os biodigestores, observar a produção do biogás, pH, DBO, DQO e dos nutrientes N, P, K, cobre, zinco e metais prejudiciais às culturas fertirrigação. No sistema de compostagem dos animais mortos, observar os seguintes parâmetros: pH, umidade, temperatura, oxigenação, tempo de compostagem odores e presença de insetos;
- (5) implementar o sistema de cogeração de energia elétrica (usando o biogás produzido) na forma que abasteça toda a Propriedade C e ainda permita a venda do excedente.
- (6) em caso de alguma alteração no sistema de produção, volume de geração dos dejetos, tratamento e acidentes, informar imediatamente o órgão ambiental e realizar ações de emergência, que minimizem a poluição ambiental;
- (7) realizar o reaproveitamento ou destinação final dos dejetos líquidos no solo somente após conhecer suas características físico-químicas e biológicas;
- (8) definir a melhor área e cultura, elaborar e implementar um cronograma de aplicação do biofertilizante e adubo orgânico no solo, fora de locais próximos de cursos d'água e de maneira subsuperficial, que permita a infiltração e respeite o

limite de saturação dos nutrientes no solo.

5.4 Síntese dos estudos de casos

Os principais resultados observados in loco e em meio documental estão descritos nos QUADROS 11, 12, 13, 14, 15 e 16.

A síntese da dimensão suinocultura contemplou as informações de acordo com os últimos pareceres técnicos emitidos pelo órgão competente. O QUADRO 10 apresenta os resultados na dimensão suinocultura.

QUADRO 10 – Síntese dos estudos de casos para dimensão suinocultura.

1-Suinocultura			
Tópicos	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C
11a) Tipo	Crescimento/terminação	Crescimento/terminação	Ciclo completo
11b) Produção	9000	2500	20000
11c) Licença	LOC (10 anos)	LOC (4 anos)	LOC (6 anos)
11d) Classe/porte	Classe 3/Médio	Classe 3/Médio	Classe 3/Médio

Fonte: do autor, 2019.

Ao observar os resultados da dimensão suinocultura descritos no QUADRO 11, percebe-se que a produção de suínos é maior na Propriedade C e mesmo assim ela se enquadra na mesma categoria de classe e potencial poluidor que as Propriedades A e B. Isso pode ser explicado devido à Propriedade B seguir a DN COPAM 213/2017 e, a partir da sua implementação, o licenciamento ambiental passou a ser de competência municipal para atividades suinícolas que possam causar impacto ambiental de âmbito local e enquadradas na faixa de $200 < \text{suínos} < 2000$ (pequeno) e $2000 \leq \text{suínos} \leq 10000$ (médio). Já as Propriedades A e C foram licenciadas de acordo com a legislação anterior DN 74/2004, a qual enquadrava as atividades como classe 3 e médio porte. Como a produção atual da Propriedade A é de 3600 suínos e validade 10 anos, até 2026, o empreendedor pode expandir até 9000 suínos e estar legalmente amparado pelo órgão ambiental, lembrando que o órgão ambiental deve ser avisado de qualquer alteração. Já a produção atual da Propriedade C é de 33000 suínos em ciclo completo e o processo de renovação da licença está em andamento, assim espera-se que, após a nova vistoria do órgão ambiental, eles enquadrem essa atividade em outra classe e potencial poluidor.

Em relação ao tempo de validade das licenças, também pode ser explicado pela

utilização de distintas legislações.

A dimensão resíduos de produção levou em consideração o resto de parição, animais mortos e natimortos. O QUADRO 11 apresenta a síntese dos principais resultados da dimensão resíduos de produção.

QUADRO 11 – Síntese dos estudos de casos para dimensão resíduos de produção.

2-Resíduos de produção (animais mortos)			
Tópicos	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C
12a) Quantificação	NI*	NI*	N***
12b) Tratamento	Compostagem	Compostagem	Compostagem
12c) Destino final	Adubo/pastagem	Adubo/cafeicultura	Adubo/culturas
12d) Laudo/análise	NI***	NI***	NI***

NI* - Não informado no Parecer Técnico. NI** - Não informado nos documentos ambientais diversos. NI***

- Não informado no Parecer Técnico e documentos ambientais diversos. Fonte: do autor, 2019.

Na dimensão dos resíduos de produção, não foi encontrada a quantificação dos animais mortos em nenhum dos Pareceres Técnicos estudados. Nas Propriedades A e B, a quantificação foi encontrada nos documentos ambientais PCA. Em relação ao tratamento, todas as propriedades utilizam a compostagem, porém em nenhuma foram informadas as dimensões e o local instalado. Também não foi encontrado, em nenhum documento, o laudo técnico de análise do adubo orgânico reaproveitado no solo.

A dimensão resíduos de uso veterinário levou em consideração a produção de resíduos utilizados nos cuidados da saúde dos suínos, como seringas, agulhas, bisturis e outros perfurocortantes. O QUADRO 12 apresenta a síntese dos principais resultados da dimensão resíduos de uso veterinário.

QUADRO 12 – Síntese dos estudos de casos para dimensão resíduos de uso veterinário.

3-Resíduos de uso veterinário			
Tópicos	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C
13a) Quantificação	NI*	NI*	NI***
13b) Armazenagem	NI***	Farmácia	NI***
13c) Destino final	NI*	Empresa terceirizada	NI*

13d) Comprovantes	NI***	Licença ambiental	NI***
-------------------	-------	-------------------	-------

NI* - Não informado no Parecer Técnico. NI** - Não informado nos documentos ambientais diversos. NI***

- Não informado no Parecer Técnico e documentos ambientais diversos. Fonte: do autor, 2019.

Nas Propriedades A e B a quantificação dos resíduos de uso veterinário foi encontrada somente nos documentos ambientais PCA. Em nenhum dos Pareceres Técnicos estudados, foi encontrada a quantificação desses resíduos.

Em relação à armazenagem, somente os documentos da Propriedade B informam e apresentam exatamente o local de armazenagem desses resíduos. Os documentos das Propriedades A e C apenas citam que eles são armazenados em locais específicos, mas não informam detalhes do local nem como são armazenados.

Em relação ao destino final, todos os documentos ambientais elaborados pelo empreendedor (RCA, PCA e RADA) informam a devolução para as empresas parceiras que, por sua vez, repassam para empresas especializadas e licenciadas. Somente o Parecer Técnico da Propriedade B informa o repasse para empresa parceira e apresenta o comprovante ou documento (licença ambiental) de destinação final dos resíduos de uso veterinário.

A dimensão efluentes atmosféricas levou em consideração a geração de insetos, odores e gases (CH₄, CO₂ e outros) provenientes do sistema de produção. O QUADRO 13 apresenta a síntese dos principais resultados obtidos na dimensão efluentes atmosféricos.

QUADRO 13 – Síntese dos estudos de casos para dimensão efluentes atmosféricos.

4-Efluentes atmosféricos			
Tópicos	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C
14a) Quantificação	NI***	NI***	NI***
14b) Tipo	NI***	NI***	CH ₄ e CO ₂
14c) Locais gerados	NI***	NI***	NI***
14d) Mitigação	NI***	NI***	Queima

NI* - Não informado no Parecer Técnico. NI** - Não informado nos documentos ambientais diversos. NI***

- Não informado no Parecer Técnico e documentos ambientais diversos. Fonte: do autor, 2019.

Em relação aos efluentes atmosféricos, somente o Parecer Técnico da Propriedade C cita o tipo de impacto atmosférico gerado e sua mitigação. Porém, a informação descrita é sucinta e vaga. Ele não informa os locais ou unidades, quantificação e composição completa do gás produzido. Isso pode ser explicado devido à dificuldade de mensuração desse impacto ao meio ambiente, mas ele não deve ser ignorado, pois a geração de odores característicos está presente na suinocultura e acarreta a proliferação de insetos, pragas, vetores e, conseqüentemente, pode afetar o meio ambiente e a saúde da população. Além disso, a suinocultura também gera gases que contribuem para o efeito estufa em escala local e global. Por isso, os órgãos reguladores, empreendedores e profissionais da área ambiental devem providenciar uma maneira padronizada de conhecer, quantificar e controlar esses impactos atmosféricos produzidos na suinocultura e não simplesmente ignorá-los.

Para a dimensão consumo hídrico, levou-se em consideração a licença ambiental (outorgas de uso), tipo e quantidade captada e registro do consumo de água na suinocultura. O QUADRO 14 apresenta a síntese dos principais resultados obtidos na dimensão consumo hídrico na suinocultura.

QUADRO 14 – Síntese dos estudos de casos para dimensão consumo hídrico.

Consumo hídrico na suinocultura			
Tópicos	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C
15a) Tipo de captação	Poço e barramento	Barramento	Poço e barramento
15b) Quantificação	NI***	18 L.suíno-1.dia-1	NI***
15c) Registro	NI***	NI***	NI*
15d) Licenças (outorga)	Vigente	Vigente	Vigente/renovação

NI* - Não informado no Parecer Técnico. NI** - Não informado nos documentos ambientais diversos. NI***

- Não informado no Parecer Técnico e documentos ambientais diversos. Fonte: do autor, 2019.

Em relação ao consumo hídrico, todos os Pareceres Técnicos apresentaram informações sobre os processos de outorgas, bem como sua situação ou status (vigente ou renovação). Eles também descrevem o tipo de captação realizada. Porém, o volume ou vazão captada e a quantificação de água utilizada na suinocultura somente são descritos no Parecer Técnico e documentos ambientais (RCA e PCA) da Propriedade B. Mesmo assim, ocorreu uma divergência no valor informado, pois o Parecer Técnico informou 18

L animal-1 dia-1 e os documentos ambientais (RCA e PCA) informaram 16 L animal-1 dia-1. O RADA da Propriedade C informa a existência de hidrômetro em todos os sistemas de captação de água, porém não informa sobre o registro do consumo de água utilizado na suinocultura.

Os valores informados pelo órgão ambiental e empreendedor são apenas teóricos e não representam a realidade exata, uma vez que as propriedades em estudo não realizam o registro diário do consumo de água na suinocultura. Por isso, não sabem o volume real de água que cada suíno consome no processo, assim podem trazer desperdidos gastos financeiros desnecessários e impactos aos recursos hídricos.

Para a dimensão efluente líquido da suinocultura, levou-se em consideração a quantificação, principal forma de tratamento, disposição final e laudos técnicos de análise dos dejetos líquidos produzidos. O QUADRO 15 apresenta a síntese dos principais resultados obtidos na dimensão efluente líquido da suinocultura.

QUADRO 15 – Síntese dos estudos de casos para a dimensão efluente líquido da suinocultura.

6-Efluente líquido da suinocultura			
Tópicos	Propriedade A	Propriedade B	Propriedade C
16a) Quantificação	16 L suíno-1 dia-1	NI*	9,7 L suíno-1 dia-1
16b) Tratamento	Compostagem/lagoa	Lagoa	Biodigestor
16d) Disposição final	Fertirrigação	Fertirrigação	Fertirrigação
16e) Laudos/análises	Solo	NI***	NI***

NI* - Não informado no Parecer Técnico. NI** - Não informado nos documentos ambientais diversos. NI*** - Não informado no Parecer Técnico e documentos ambientais diversos.

Fonte: do autor, 2019.

Em relação à dimensão efluente líquido da suinocultura, somente o Parecer Técnico da Propriedade B não informou o volume de geração, porém os documentos ambientais RCA e PCA informaram a geração de 12 L suíno-1 dia-1. Assim, como o consumo de água, os valores apresentados pelo órgão ambiental e empreendedor não representam a realidade exata, pois as propriedades em estudo não realizam o registro diário da produção do volume de dejetos líquidos em cada suinocultura. Por isso, não se sabe o volume real da produção de dejetos líquidos de cada suíno. Esses valores podem afetar a gestão do tratamento e disposição final dos dejetos líquidos, podendo ocasionar

a poluição ambiental de solos e corpos d'água, uma vez que esses não sejam tratados adequadamente.

Em relação ao tratamento, todos os documentos informam o tipo realizado, porém nenhum deles contempla o dimensionamento das unidades nem os laudos técnicos de análise do dejetos líquido bruto e tratado. Assim, não se sabe a eficiência do sistema de tratamento (atual e futura) nem a composição físico-química do biofertilizante reaproveitado na fertirrigação.

Somente os documentos da Propriedade A informam a análise do solo, bem como apresentam um plano de fertirrigação, estipulando o limite crítico ambiental para aplicação dos dejetos líquidos. Porém, em uma das visitas realizadas na Propriedade A, foi possível observar que a aplicação do dejetos líquido não estava sendo realizada de forma adequada, estando em desacordo com o plano de fertirrigação apresentado ao órgão ambiental.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As suinoculturas analisadas por este estudo possuem características semelhantes em relação à licença ambiental, gestão dos resíduos advindos e reaproveitamento dos efluentes líquidos produzidos. Porém, são distintas em relação ao tamanho de produção, consumo de água, volume de dejetos e configuração do sistema de tratamento.

Mesmo as suinoculturas apresentando tamanhos diferentes de geração, elas foram enquadradas pelo órgão ambiental competente na mesma classe e potencial poluidor, por terem sido licenciadas em normativas e épocas diferentes. Assim, todas possuem Licença Ambiental de Operação Corretiva (LOC) de classe 3 e porte médio de potencial poluidor. As Propriedades A e B estavam com suas licenças ambientais vigentes e a da Propriedade C em processo de renovação. Aqui demonstra-se uma preocupação em relação ao impacto ambiental, pois as propriedades em estudo apresentaram realidades (geração/produção) distintas e conseqüentemente impactos ambientais de diferentes proporções, por isso deveriam ser enquadradas em diferentes faixas de geração/impactos. Assim, nos processos de licenciamento ambiental, necessita-se de uma análise da gestão ambiental mais detalhada e sistemática, que represente a realidade em cada caso e não de forma generalizada.

Todas as propriedades reaproveitam o composto e biofertilizante como adubo orgânico em culturas anuais de produção, porém devem elaborar e seguir um plano de fertirrigação de forma eficiente e segura ao meio ambiente. Pois, nesse reaproveitamento,

o órgão ambiental e, principalmente, o produtor devem conhecer, por meio de análises físico-químicas, o dejetos produzido e principalmente a área utilizada na disposição, assim respeitando e evitando a contaminação ambiental de solos, água e a cultura adubada.

Ainda por terem tamanhos distintos de produção, o consumo de água e a geração no volume de dejetos não seguem a lógica de: quanto maior o número de suínos, maior o consumo de água e, por sua vez, maior o volume de dejetos produzido. Isso porque em nenhuma das suinoculturas ocorre a medição precisa do consumo de água e produção do volume de dejetos. As informações descritas nos documentos estudados são apenas teóricas e não representam a realidade exata do local e sistema produtivo. O conhecimento da quantidade de água consumida na atividade é um parâmetro de extrema importância para a estratégia de uso ou até mesmo cobrança na bacia hidrográfica, uma vez que esse recurso está cada vez mais escasso e de difícil acesso.

Dos documentos estudados, em nenhum foi possível encontrar o dimensionamento das unidades de tratamento e os laudos técnicos de análise do dejetos bruto e tratado. Com isso, não se tem a certeza da eficiência atual e demanda futura do sistema de tratamento e se este atende à legislação ambiental vigente acerca da capacidade de minimizar o impacto negativo ao meio ambiente. Por isso, para melhor gestão dos dejetos produzidos, os órgãos fiscalizadores devem exigir projetos com maiores critérios e parâmetros para então conseguirem uma análise completa do sistema de tratamento.

Assim, para reduzir os impactos negativos ao meio ambiente e por uma suinocultura mais sustentável, recomendam-se, aos profissionais e órgãos fiscalizadores da área ambiental, maiores critérios, dedicação e exploração nos dados, para análise dos sistemas de tratamento e reaproveitamento dos resíduos e dejetos da suinocultura.

7. CONCLUSÃO

Esta pesquisa permitiu descrever como se configurava o sistema de tratamento, determinar o dimensionamento e observar o funcionamento em cada suinocultura estudada. Ainda foi possível identificar e propor adequações necessárias em relação aos documentos previstos pelo processo licenciamento ambiental.

Assim, é fundamental que, nas exigências dos documentos para o processo de licenciamento ambiental, contemple-se o dimensionamento do sistema de tratamento, incluindo planta baixa, parte estrutural e eficiência para conseguir mensurar possíveis ampliações e assim realizar a melhor disposição final dos dejetos da suinocultura.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIEPCS). **Relatório da produção mundial de carne suína em 2017**.

Disponível em: <www.abiepcs.org.br>. Acesso em: 12 dez. 2017.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 12808). **Resíduos de serviços de saúde (RSS) – Classificação**. 2016

Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). (2016). **Relatório anual de produção de carne em 2017**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). (2018). **Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba**. Disponível em: <<http://cbhparanaiba.org.br/>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

ARAÚJO I. S., OLIVEIRA J. L. R., ALVES R. G. C. M., FILHO P. B. & COSTA R., H. R. **Avaliação de sistema de tratamento de dejetos suínos instalado no Estado de Santa Catarina**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, 2012, v.16, n.7, p.745-753. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700007>

BIDONE F. R. A., POVINELLI J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. EESC USP. São Carlos. ed. 1, 1999. p. 120.

BLANCO, M. F. J., ZENATTI, D. C., FEIDEN, A., WEBER, R., TIEZ, C.M., & GIACOBBO, G. **Produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite e cama de aviário**. Acta Iguazu. Cascável, 2015. v.3, n.1, p.14–27.

BÓCOLI, M. E.; MANTOVANI, J. R.; MIRANDA, J. R.; MARQUES, D. J; SILVA, A. B. **Soil chemical properties and maize yield under application of pig slurry biofertilizer**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, 2016. v. 20, n. 1, p. 42-48, 2016. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p42-48>

BRANCO, P. M. P. **Biodigestão anaeróbia de águas residuárias humanas: composição do biogás e qualidade do efluente**. UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 15 setembro 2018.

CARDOSO B. F., OYAMADA G. C., SILVA C. M. **Produção, Tratamento e Uso dos Dejetos Suínos no Brasil**. Desenvolvimento em Questão. 2015. ano 13, n. 32, p.127-145. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.32.127-145>

CARVALHO, P. L. C.; VIANA, E. F. **Suinocultura SISCAL e SISCON: análise e comparação dos custos de produção.** Custos e Agronegócio Online, v. 7, n. 3, set.-dez. 2011. Disponível em: <www.custoseagronegocioonline.com.br>. Acesso em: 22 jan. 2018.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J., BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. **Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural.** Agropecuária Brasileira, 2003. v. 38, p.729-735.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000600009>

CERVI, R. G.; ESPERANCINI, M. S. T; BUENO, O. de C. **Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica.** Engenharia Agrícola. Jaboticabal, 2010. v. 30, n. 5, p. 831-844.
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000500006>

CHERNICHARO C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2010. 246 p. 2 ed.

COLATTO, L e LANGER, M. **Biodigestor - resíduo sólido pecuário para a produção de energia.** Universidade do Oeste de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011. v. 2, n. 2, p. 119-128.

COLDEBELLA A., SOUZA S. N. M., SOUZA J., KOHELER A. C. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite.** SCIELO. Encontro de Energia Elétrica no Meio Rural. An. 6. 2006.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** DOU, de 17/02/1986, págs. 2548-2549 56

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental.** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 07 de abril de 2018.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 358, de 29 de abril de 2005. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.** DOU nº 084, de 04/05/2005, seção 1, p. 63-65.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o**

gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. DOU nº 249, de 30/12/2009, p. 81- 84.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 460, de 30 de dezembro de 2013. **Altera a Resolução CONAMA n o 420, de 28 de dezembro de 2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e dá outras providências.**

COOK K. L., ROTHROCK M. J., LOVANH N., SORRELL J. K., LOUGHRIN J. H. (2010). **Spatial and temporal changes in the microbial community in an anaerobic swine waste treatment lagoon.** Anaerobe. v. 16, p. 74-82.
<https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2009.06.003>

CONSELHO ESTADUAL DE PALÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa Nº 1, de 05 de maio de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**

CONSELHO ESTADUAL DE PALÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa Nº 166, de 29 de junho de 2011. **Altera o Anexo I da Deliberação Normativa Conjunta COPAM CERH nº 2 de 6 de setembro de 2010, estabelecendo os Valores de Referência de Qualidade dos Solos.**

CONSELHO ESTADUAL DE PALÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa Nº 213, de 22 de fevereiro de 2017. **Regulamenta o disposto no art. 9º, inciso XIV, alínea “a” e no art. 18, § 2º da Lei Complementar Federal nº 140, de 8 de dezembro de 2011, para estabelecer as tipologias de empreendimentos e atividades cujo licenciamento ambiental será atribuição dos Municípios.**

CONSELHO ESTADUAL DE PALÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa Nº 217, de 06 de dezembro de 2017. **Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.**

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de dejetos de suínos.** Embrapa Suínos e Aves, Porto Alegre, 1998. BIPERS n. 11.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P; ROSSI, M.; TAVARES, R. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada.** UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru, São Paulo, 2002.

DIAS C. P., LEITÃO F. O., COSER F., SILVA W. H., OLIVEIRA P. A. V. **Tecnologias para o tratamento de dejetos suínos com vistas à sustentabilidade.** XV Seminário Técnico Científico de Aves e Suínos – AveSui, 2016. Florianópolis.

DUCEY TF, HUNT P.G. (2013). **Microbial community analysis of swine wastewater anaerobic lagoons by next-generation DNA sequencing**. *Anaerobe*. p. 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2013.03.005>

DUDA, R. M. et al. **A balanced microbiota efficiently produces methane in a novel high- rate horizontal anaerobic reactor for the treatment of swine wastewater**. *Bioresource Technology*. Jaboticabal, 2015. v. 197, p. 152-160. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.08.004>

DARTORA, V.; PERDOMO, C. C.; TUMELERO, I. L. **Manejo de dejetos de suínos**. *Embrapa Suínos e Aves*. Porto Alegre, 2013. BIPERS n. 11 ano 7.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Licenciamento Ambiental na Suinocultura: os Casos Brasileiro e Mundial**. Concórdia - Santa Catarina, 2008. 52p.

FAGUNDES D. S., JUNIOR M. A. P. O., ORRICO A. C. A., SENO L. O. **Mathematical models of anaerobic digestion for treatment of swine effluents**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. Goiânia, 2015. v. 45, n. 2, p. 172-179. <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v45i31052>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 15 dez. 2017.

FILHO R. S., SEHNEM S., CERICATO A., JUNIOR S. S., FISCHER A. **Compostagem de dejetos de suínos**. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 2013. v.6, n. 1, p. 47-48.

GIACOMINI, D. A.; AITA, C.; PUJOL, S. B.; GIANCOMINI, S. J.; DONEDA, A.; CANTÚ, R. R.; DESSBESELL, A.; LUDTKE, R. C.; SILVEIRA, C. A. P. **Mitigação das emissões de amônia por zeólitas naturais durante a compostagem de dejetos de suínos**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 2014. V.49, 521-530 p. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000700004>

GIROTTO, E; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; SANTOS, D. R.; SILVA, L. S. da; LOURENZI, C. R.; LOURENSINI, F.; VIEIRA, R. C. B.; SCHMTZ, R. **Acúmulo e formas de cobre e zinco nos solos após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2010. v.34, p.955-965. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300037>

HAN I., CONGEEVARAM S., KID-W B-T, PARK J. **Bacterial community analysis of swine manure treated with autothermal thermophilic aerobic digestion**. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2011. V. 89, p. 835-842. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2893-8>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Estatística de Municípios brasileiros (2010)**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 abr. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa da**

Pecuária Municipal PPM 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 21 jun 2018.

ISAACSON R., KIM H. B. **The intestinal microbiome of the pig.** Anim Health Res Rev. 2012. n. 13, p.100-109. <https://doi.org/10.1017/S1466252312000084>

ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. **Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, 2016. n. 44, p. 125-156.

KONZEN, E.A. **Avaliação quantitativa e qualitativa dos dejetos de suínos em crescimento e terminação, manejados em forma líquida.** 56 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Medicina Veterinária, Belo Horizonte, 1980.

KUMARI P., CHOI H. L, SUDIARTO S. I. A. **Assessment of bacterial community assembly patterns and processes in pig manure slurry.** PLoS ONE. v. 10 (9). 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139437>

KUNZ A., CHIOCHETTA O., MIELE M., GIROTTA A. F., SNAGOI V. **Comparativo de custos de implementação de diferentes tecnologias de armazenagem/tratamento e distribuição de dejetos de suínos.** EMBRAPA Suínos e Aves. Florianópolis, 2005. Circular Técnica 42. p. 16.

KUNZ A., OLIVEIRA P. A. V. O., HIGARASHI M.M., SANGOI V. **Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para armazenagem de dejetos de suínos.** EMBRAPA Suínos e Aves. 2004. Comunicado Técnico 361. p. 4.

LIMA, H. Q.; ENSINAS, A. V.; TONELI, J. T. C. L. **Avaliação dos parâmetros da digestão anaeróbica dos dejetos de suínos.** III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais. São Pedro: São Paulo, 2013.

LOPES, C. R. M.; FILHO, N. R. A.; ALVES, M. I. R. A. **Impactos ambientais e sociais causados por voláteis emanados por excretos de suínos.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, 2013. v. 9, n. 17, p. 3556-3565.

LOURENZI, C. R.; CERETTA, C. A.; BRUNETTO, G.; GIROTTA, E.; TIECHER, T. L.; VIEIRA, R. C. B.; CANCIAN, A.; FERREIRA, P. A. **Pig slurry and nutrient accumulation and dry matter and grain yield in various crops.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2014. v. 38, p. 949-958. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300027>

LUCAS JR. J. **Estudo comparativo de biodigestores modelo Indiano e Chinês.** Tese (Doutorado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 1987. 114 f.

MARTINS, M. S. M. **Aspectos sanitários e de segurança alimentar do emprego de efluente de suinocultura tratado em biodigestor na agricultura.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais. 2017.

MEDRI W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. Tese UFSC. Florianópolis, 1997. p. 230.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. New York, McGraw - Hill Book, 4 ed. 1815p. 2003.

MENDONÇA, H. V.; OMETTO, J. P. H. B.; OTENIO, M. H. **Production of energy and biofertilizer from cattle wastewater in farms with intensive cattle breeding**. Water Air Soil Pollut, 2017. v. 72 p. 228. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3264-1>

NATIONAL PORK BOARD. World Per Capita Pork Consumption 2016. Disponível em:

<<http://www.pork.org/pork-quick-facts/home/stats/us-pork-exports/world-per-capita-pork-consumption-2/>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

NOGUEIRA, C. E. C.; SOUZA, S. N. de; MICUANSKI, V. C.; AZEVEDO, R. L. **Exploring possibilities of energy insertion from vinasse biogas in the energy matrix of Paraná State, Brazil**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Cascavel, Paraná, 2015. v. 48 p. 300-305. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.023>

OLIVEIRA P. A. V., BARROS E. C., SCHELL D. R., TURMINA L. P. **Dimensionamento de unidade de compostagem automatizada para tratamento dos dejetos suínos**. EMBRAPA Suínos e Aves. Florianópolis, 2015. 1 ed.

OLIVEIRA P. A. V., HIGARASHI M. M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. EMBRAPA. Florianópolis, 2006. Documentos 114.

OLIVEIRA, P. A. V. **Manual de manejo e utilização de dejetos de suínos**. Concórdia, SC: EMBRAPA Suínos e Aves, 1993. 188p.

PALHARES J. C. P. **Produção animal e recursos hídricos**. EMBRAPA Editora Cubo. São Carlos, 2016. v. 1, p. 183.

PERDOMO C. C. **Alternativas para o manejo e tratamento de dejetos suínos**. Embrapa Suínos e Aves. 1999. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>>. Acesso em: 10 de jan. de 2018.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. **Produção de suínos e meio ambiente**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA EMBRAPA-CNPSA, 2001. p.08-24.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS). Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**.

RICARDO, C. M. **Avaliação econômica de biodigestor de fluxo canadense, com sistema de recirculação, no tratamento de dejetos de suínos**. UFLA – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais. (2012)

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. **Introdução à química ambiental**.

Bookman: Porto Alegre, 2009. 2. ed.

SCHERER, E.E.; NESI, C. N.; MASSOTTI, Z. **Atributos químicos do solo influenciado por sucessivas aplicações de dejetos de suínos em áreas agrícolas de Santa Catarina.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. Santa Catarina, 2010. v. 34, p. 1375-1383. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400034>

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMAD). **Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM).** Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp>>. Acesso em: 8 de jan. de 2018.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE PATROCÍNIO (SEMMA). Portal de Publicações de Meio Ambiente. Disponível em: <<https://portal.patrocinio.mg.gov.br/pmp/index.php/publicacoes/meio-ambiente>> Acesso em: 8 de jan. de 2018.

SILVA, A. A. S. **Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de solo e plantas.** UNESP – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal - São Paulo, 2009.

SILVA, W. T. L. da; NOVES, A. P. de; KUROKI, V.; MARTEELI, L. F. A.; MAGNONI JÚNIOR, C. **Avaliação físico-química de efluente gerdo em biodigestores anaeróbios para fins de avaliação e eficiência e aplicação como fertilizante agrícola.** Química Nova, 2012. v.35, 35-40 p. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000100007>

SILVA FILHA, O. L.; ALVES, D. N.; SOUZA, J. F.; PIMENTA FILHO, E. C.; SERENO, J.R. B.; SILVA, L. P.G.; OLIVEIRA R. J. F; CASTRO, G. **Caracterização da criação de suínos locais em sistema de utilização tradicional no estado da Paraíba, Brasil.** Archivos de Zootecnia, 2005. v. 54, n. 206-607, p. 523-528.

SOLER, A. L. D. **Levantamento de dados da geração e caracterização de dejetos na suinocultura em fase de creche e terminação.** Porto Alegre, 2012. p. 80.

SOUZA, C. F. *et al.* **Caracterização de dejetos de suínos em fase de terminação.** Revista Ceres, Viçosa, 2009. v. 2, n. 56, p. 128-133.

TAKITANE, I.C. **Produção de dejetos e caracterização de possibilidades de aproveitamento em sistemas de produção de suínos com alta tecnologia no Estado de São Paulo.** 148 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - Botucatu, 2001.

TAVARES J. M. R. **Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura.** Dissertação (Mestrado) UFSC. Florianópolis. p. 233. 2012.

TORRES, A. *et al.* **Fundamentos de implantação de biodigestores em propriedades rurais.** Educação Ambiental em Ação, n. 40, Ano XI, 2012. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

VIEGA, M. da; PANDOLFO, C. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; SPAGNOLLO, E. **Chemical attributes of a Hapludox soil after nine years of pig slurry application.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2012. v.47, p.1766-1773.
<https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012001200013>

VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2017. 3a ed., vol. 2, 196 p.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de águas residuárias.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte/MG, 2a ed., 2018. vol. 2, 243 p.

YAGUE, A. P. Resumo do 23º Congresso da Associação Internacional de Veterinários Especialistas em Suínos (IPVS). Revista Suínos e Cia, Edição 52, Ano XI, 2014.
Disponível em: <<http://www.consuitec.com.br/revistas.asp>>. Acesso em: 11 jan. 2018.

ANEXOS

ANEXO A – Análise química do solo da Propriedade A, Patrocínio – MG.

Parâmetro	Valor	Unidade
Fósforo (P) (Mehlich)	2,0	mg dm-3
Potássio (K)	0,43	mg dm-3
Cálcio (Ca)	1,0	Cmolcdm-3
Magnésio (Mg)	0,5	Cmolcdm-3
pH em H2O	4,7	---
Alumínio (Al)	0,7	Cmolcdm-3
Saturação de bases	24,97	dag kg-1
Matéria orgânica	4,0	dag kg-1
Areia	30,8	dag kg-1
Silte	15,0	dag kg-1
Argila	54,2	dag kg-1

Fonte: RCA/PCA da Propriedade A – Área II, camada de 0-20 cm ocupada com café

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro de campo

ROTEIRO DE CAMPO

1 - Localização do estudo

- Município/Estado:
- Coordenadas geográficas
- Latitude:
- Longitude:
- Altitude:
- Classificação climática de Köppen:
- Precipitação média:

*Mapa do empreendimento (fazenda) ou localização.

2 - Sistema de produção de suínos

2.1 - Modo de produção:

2.2 - Número de edificações:

2.3 - Área de cada edificação (m²):

2.4 - Número de Suínos:

2.5 - Número de matrizes:

*Imagens das edificações com os animais.

3 - Geração de dejetos

3.1 - Volume de água gasto na produção (m³/mês):

3.2 - Volume de dejetos (m³/dia):

4 - Sistema de tratamento dos dejetos

4.1 - Tipo de tratamento:

4.2 - Número de unidades de tratamento:

4.3 - Volume de cada unidade (m³)

- Comprimento (m):

- Largura (m):

- Profundidade/Altura (m):

4.4 - Equipamentos de bombeamento (sim/não):

- Número de bombas:

- Vazão (m³/h):

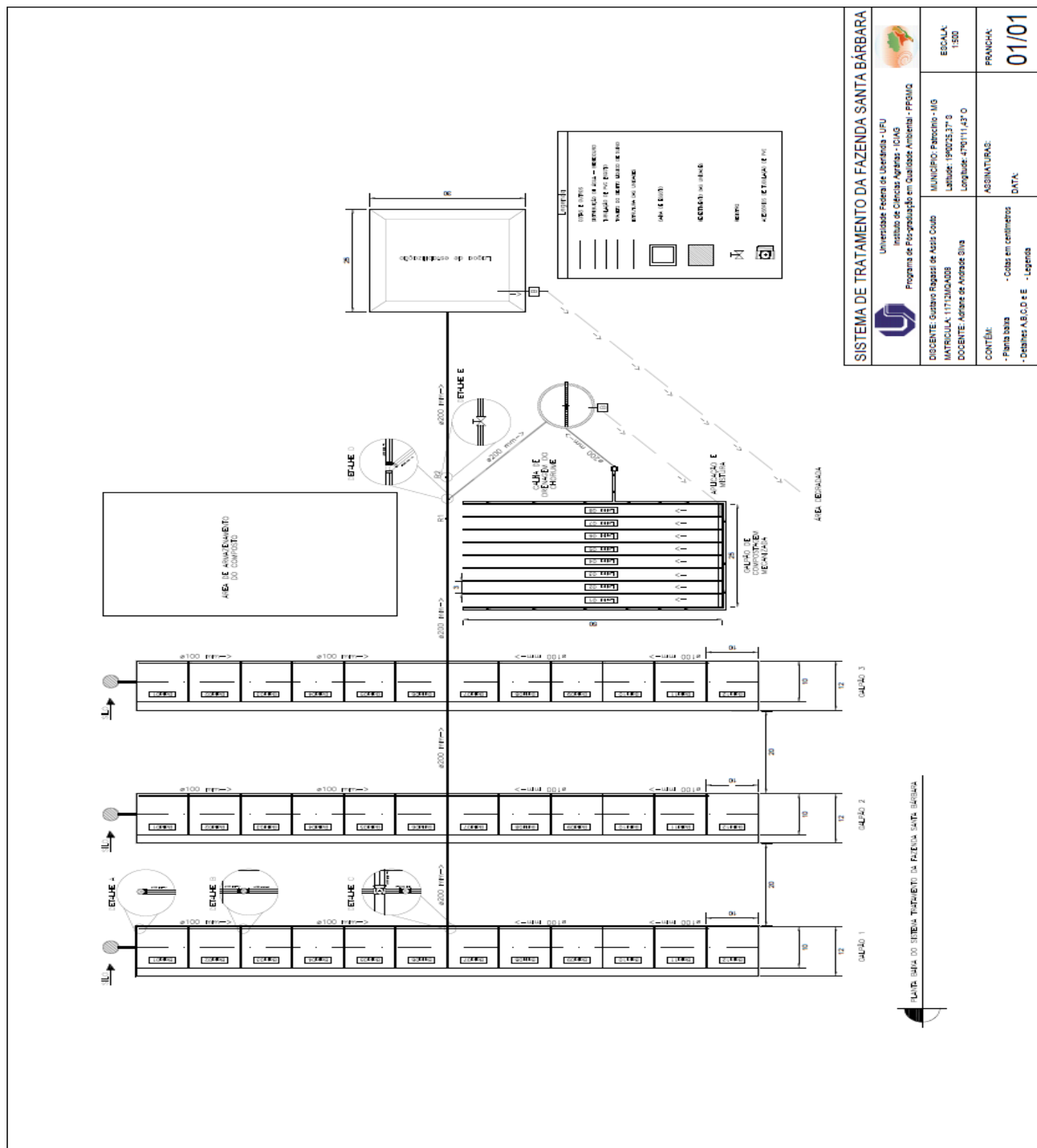
- Potência (cv):

4.5 - Tempo de retenção hidráulica (dias):

4.6 - Destinação final do dejetos (curso d' água, compostagem, agricultura etc):

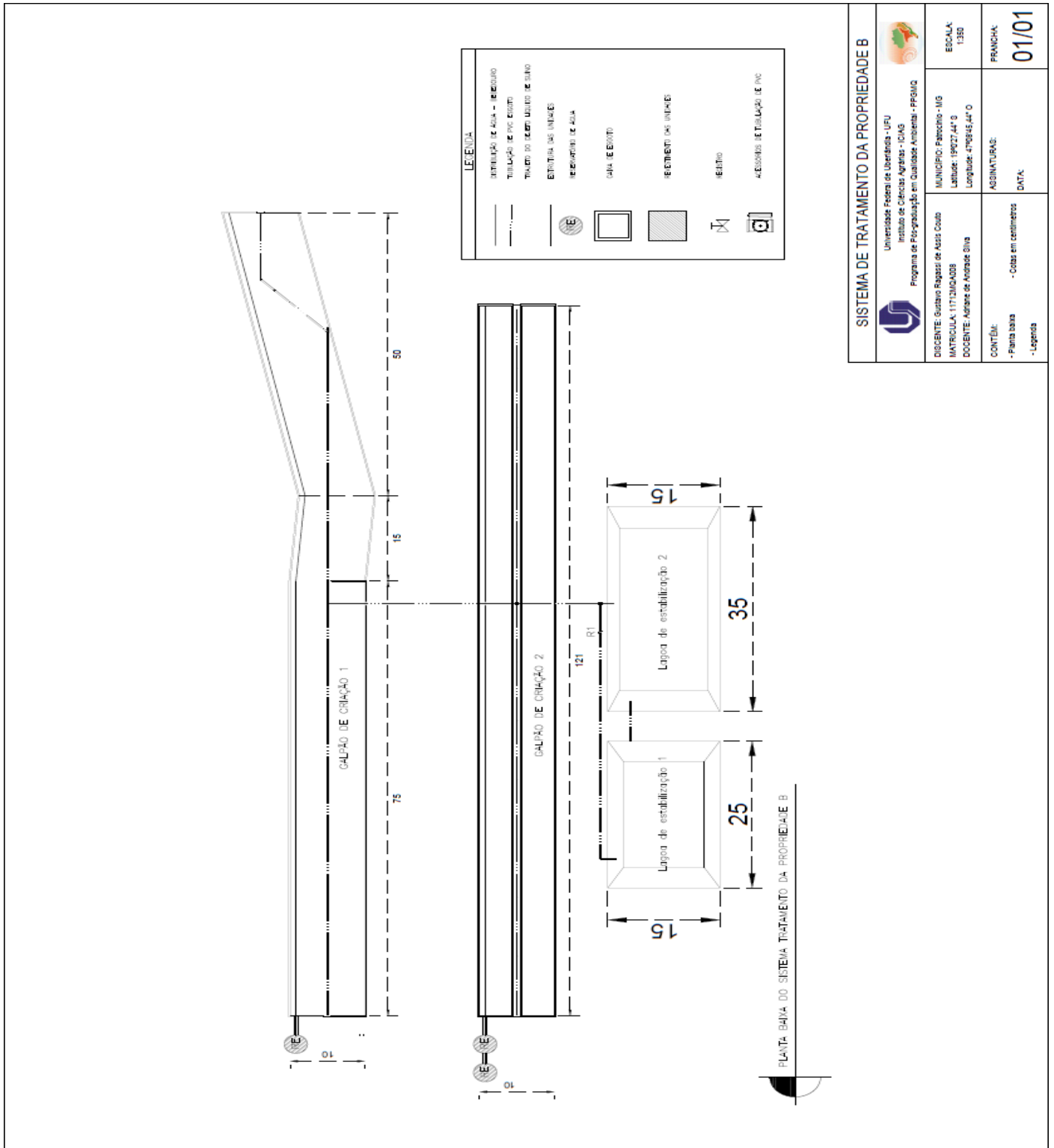
*Fluxograma do tratamento e imagens das unidades



APÊNDICE B – Planta baixa da unidade de tratamento da Propriedade A.



Fonte: do autor, 2019.

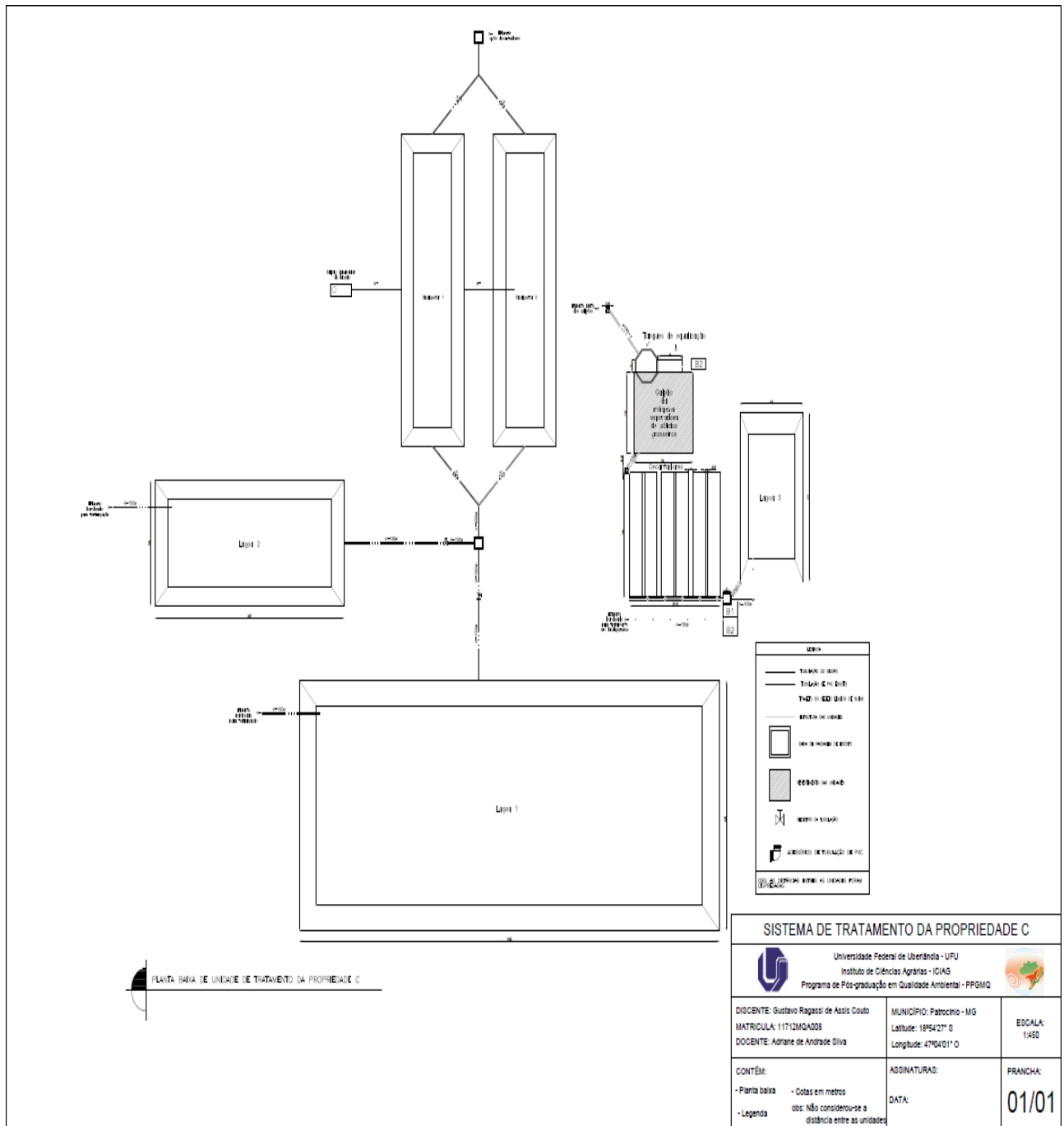
APÊNDICE C – Planta baixa da unidade de tratamento da Propriedade B.



SISTEMA DE TRATAMENTO DA PROPRIEDADE B	
 Universidade Federal de Uberlândia - UFU Instituto de Ciências Agrárias - ICA/IG Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental - PPGMAQ	 ESCALA: 1:350
DOCENTE: Gustavo Rogério de Assis Coubo MATRÍCULA: 11712104/08 DOCENTE: Adriano de Andrade Silva	MUNICÍPIO: Patrocínio - MG LATITUDE: 19°02' 44" S LONGITUDE: 47°08'45" A" O
CONTEÚDO: - Planta baixa - Cotas em centímetros - Legenda	ASSINATURA: DATA: FRONTEIRA: 01/01

Fonte: do autor, 2019.

APÊNDICE D – Planta baixa da unidade de tratamento da Propriedade C.



SISTEMA DE TRATAMENTO DA PROPRIEDADE C		
Universidade Federal de Uberlândia - UFU Instituto de Ciências Agrárias - ICIAg Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental - PPGMAQ		
DOCENTE: Gustavo Ragassi de Assis Couto MATRÍCULA: 11712MGAG08 DOCENTE: Adriane de Andrade Silva	MUNICÍPIO: Patrocínio - MG Latitude: 19°54'27" S Longitude: 47°04'01" O	ESCALA: 1:450
CONTÉM: - Planta baixa - Cotas em metros - Legenda obs: Não considerou-se a distância entre as unidades.	ASSINATURAS: DATA:	FRANCHA: 01/01