



Foto: Rodrigo Moro de Miranda

## Capítulo 2

Pressão ambiental da produção  
intensiva de suínos na microbacia  
hidrográfica do lajeado Clarimundo

*Eduardo Lando Bernardo  
Claudio Rocha de Miranda  
Paulo Belli Filho*



## Introdução

A suinocultura é a atividade econômica que fornece a segunda proteína animal mais consumida do mundo, sendo a China o local com maior produção mundial (51,7%), seguida da União Europeia (19,1%) e Estados Unidos da América (8,5%) (Guimarães et al., 2017).

No Brasil, a produção de carne suína ocupa o quarto lugar no ranking mundial, com 3,97 milhões de toneladas. Deste montante, o país exporta 646 mil toneladas anuais, apresentando um consumo de carne suína per capita de 15,9 kg (Embrapa Suínos e Aves, 2019).

O plantel brasileiro é de 39,17 milhões de cabeças de suínos, com 53,9% concentrados na região Sul, distribuídas nos estados de Santa Catarina, com 8,44 milhões, Rio Grande do Sul, com 6,44 milhões, e Paraná, com 6,21 milhões de cabeças (IBGE, 2017).

Além do crescimento em termos do número de animais nos últimos anos, a suinocultura tem recebido investimentos substanciais e grande evolução tecnológica em toda a cadeia produtiva (Mapeamento..., 2016).

Apesar do padrão de excelência da produção industrial de suínos no Brasil, alcançada pelo emprego de tecnologias modernas de manejo e nutrição, têm-se ainda as questões ambientais relacionadas à cadeia, as quais permanecem sendo fonte de muita apreensão em virtude do grande volume de dejetos gerados e pelo potencial impacto e comprometimento dos recursos naturais em regiões onde se concentram as atividades, tais como a eutrofização dos corpos d'água, a proliferação de vetores e o acúmulo de nutrientes no solo (Higarashi et al., 2011).

Para minimizar e/ou controlar esta problemática, a Fundação de Meio Ambiente de Santa Catarina (Fatma) atualmente denominada de Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA), com o apoio de algumas instituições de pesquisa do estado, atualizou em 2014 o procedimento de licenciamento ambiental da suinocultura (Instrução Normativa nº 11), levando em consideração diversos aspectos ambientais da atividade.

A IN 11 se tornou mais abrangente e mudou os critérios necessários para a obtenção do licenciamento ambiental para a atividade de suinocultura. As principais mudanças dizem respeito ao fato que o licenciamento ambiental está condicionado ao atendimento de fatores, tais como localização das instalações, gestão da água, sistemas de armazenamento e/ou tratamento de efluentes, manejo dos dejetos e produção de dejetos e de excreção de nutrientes pelos animais e sua capacidade de reciclagem de nutrientes pelas culturas agrícolas, caso o destino dos dejetos seja como fertilizantes orgânicos. Além disso, estabelece um plano de monitoramento da qualidade do solo nas áreas agrícolas licenciadas para aplicação dos fertilizantes orgânicos (Nicoloso; Oliveira, 2016).

Embora o modelo de licenciamento ambiental da suinocultura tenha sido revisado recentemente, a abordagem legal acerca da prática do uso de dejetos como fertilizantes de solo é um aspecto que recebe pequena atenção por parte dos produtores, assistência técnica e dos órgãos de fiscalização ambiental.

Pesquisas (Berto, 2004; Seganfredo, 2007; Conceição, 2013; Couto, 2014) têm demonstrado que aplicações continuadas sobre uma mesma área podem promover o acúmulo excessivo de nutrientes nos solos cultivados. Dessa forma, pode ocorrer o transporte de nutrientes, como o fósforo (P), para ambientes aquáticos por meio do escoamento superficial e/ou percolação, causando desequilíbrios ambientais (Batjes, 1991; Sharpley, 2003).

Em que pese o solo ser o local de destino predominante dos dejetos de suínos provenientes da produção intensiva, há grande carência de informações referentes à localização espacial e características físico-ambientais das áreas onde os dejetos são aplicados, bem como a sua avaliação em nível de bacia hidrográfica. Essa lacuna de informações tem impedido que o processo de destino dos dejetos ocorra de modo mais eficiente e sustentável.

Diante disso, é inquestionável a necessidade da implementação de novas medidas e estratégias que contribuam para o aumento da eficiência no uso de fertilizantes orgânicos nas áreas agrícolas (Oilseeds..., 2012) e que atendam minimamente os requisitos de capacidade física e ambiental destes locais (Basnet et al., 2001; Ogbuewu et al., 2012).

O dinamismo da atividade e as deficiências estruturais dos órgãos públicos de controle e regulação ambiental do estado de Santa Catarina justificam, pelo menos em parte, essa precariedade. Como os mecanismos de coleta, atualização e gestão da informação são bastante precários, o diagnóstico da questão ambiental da suinocultura tem sido realizado a partir de informações parciais, defasadas temporalmente e normalmente inadequadas para o estabelecimento de uma avaliação ambiental mais ampla (Miranda, 2005).

Outro aspecto relevante se deve ao fato de o processo de licenciamento ambiental não considerar uma visão integrada da bacia hidrográfica onde ocorre a produção de suínos, pois analisa a viabilidade da atividade no estabelecimento rural de forma isolada do seu contexto no âmbito do território.

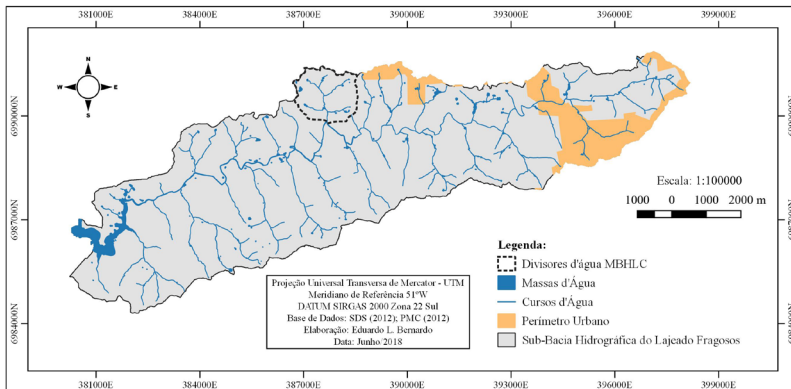
Entretanto, as geotecnologias se apresentam como ferramentas que possibilitam reduzir a carência de informações, bem como permitem uma avaliação integrada do espaço em análise, e o seu uso tem crescido nos últimos anos (Lagacherie; Mcbratney, 2012; Ten Caten; Dalmolin, 2014).

Ainda, a atribuição de uma visão sistêmica passa a ser fundamental para a compreensão dos fenômenos e da dinâmica dessas relações, permitindo, assim, estudos e pesquisas mais acuradas a respeito de sua estrutura, organização, dinâmica e evolução espaço-temporal dos elementos nela inseridos (Christofolett, 1999). Entendem-se, desta forma, as propriedades agropecuárias como subsistemas inseridos no grande sistema bacia hidrográfica, onde se expressam as características de organização socioeconômica e a sua distribuição na paisagem.

Este estudo adota a microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo (MBHLC) (Figura 1) como unidade de pesquisa. O recorte espacial está localizado entre as coordenadas geográficas: latitude: 27°12'7.77"S e longitude: 52°8'12.05"W, sob domínio da sub-bacia hidrográfica do lajeado Fragosos, situada na porção noroeste do município de Concórdia, oeste do estado de Santa Catarina, Brasil.

A escolha da bacia hidrográfica para o estudo de caso se deve à sua representatividade no contexto local e regional em termos socioeconômicos e ambientais. Além disso, o conhecimento prévio e o conjunto de dados e informações de outras pesquisas foram elementos importantes para a determinação do recorte espacial de análise.

Com isso, teve-se por objetivo identificar a pressão ambiental da produção intensiva de suínos na MBHLC por meio da integração e combinação de dados primários com o uso de geotecnologias livres. Ainda, a caracterização físico-ambiental e fundiária foi um elemento importante para avaliação da gestão dos dejetos no ambiente.



**Figura 1.** Mapa de delimitação da área da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo (MBHLC) na sub-bacia hidrográfica do lajeado Fragosos, Concórdia, SC, Brasil.

## Metodologia

### Delimitação da área de pesquisa

A determinação e a delimitação do espaço geográfico de análise foram apoiadas nos fundamentos da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a qual instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e tem a referência da bacia hidrográfica (nas suas mais diversas escalas) como a unidade territorial para o pla-

nejamento e gestão dos recursos naturais. Considera-se a bacia hidrográfica como um sistema físico e aberto, composto pelos elementos naturais (água, solo, clima, fauna, flora, etc.) e os elementos socioeconômicos (agricultura, pecuária e população), onde suas inter-relações ocorrem e são representadas na paisagem (Tucci, 2014).

## **Caracterização física**

Os parâmetros utilizados para a caracterização física compreendem, basicamente, quatro itens: hierarquia fluvial, análise linear, análise areal e análise hipsométrica, conforme Horton (1945), Strahler (1952), Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1980).

## **Caracterização ambiental**

Para caracterização dos aspectos ambientais, em especial do uso da terra e das grandezas espaciais na MBHLC, utilizaram-se técnicas de processamento digital de imagens de satélite e geoprocessamento. Para a classificação do uso da terra, utilizou-se imagem do satélite Sentinel-2, passagem de 28 de janeiro de 2017, formato GEOTIFF, bandas: 02, 03, 04 e 08, azul, verde, vermelho e infravermelho, respectivamente, projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) Zona 22, Datum WGS84 com grid de refletância e termal de 10 m e resolução radiométrica de 12 bits.

A preparação das imagens foi executada no software QGIS, em duas fases. A primeira foi a reprojeção das cenas para o alvo de estudo (DATUM SIRGAS 2000, zona 22 Sul). Posteriormente, utilizou-se a ferramenta mosaico para a junção das bandas em arquivo único GEOTIFF, levando em consideração a composição de interesse (falsa cor natural RGB/08-04-03 e 04-08-03). Na sequência, a imagem foi importada para o software *eCognition*, onde se aplicou o realce de contraste por equalização de histograma para melhor visualização e diferenciação das classes água, capoeira, reflorestamento, pastagem naturalizada, lavoura temporária, fruticultura/erva mate, servidão administrativa e/ou de uso público.

Em seguida, aplicou-se o algoritmo *segmentation multiresolution* para a segmentação baseada em objeto dos recortes de análise, levando em consideração as características de heterogeneidade espacial (forma, compacidade, suavidade e cor) e escala (tamanho dos segmentos a serem gerados), alternando os processos (alternativa e erro) até encontrar a melhor e mais adequada diferenciação (separação) e visualização dos alvos de interesse.

Com o processo de segmentação concluído, determinaram-se as classes de uso do solo. Após, iniciou-se o processo de classificação supervisionada, que foi executada em duas etapas. A primeira consistiu na seleção das amostras (*samples*), com a definição das classes adotadas em feições segmentadas. Buscou-se selecionar o maior número de amostras que correspondessem às diferentes respostas espectrais, a fim de reduzir ao mínimo a possibilidade de segmentos não classificados.

Com a etapa de seleção amostral concluída, passou-se à etapa de classificação das imagens, adotando-se o algoritmo *basic classification*. O resultado da classificação foi exportado em arquivo vetorial para o software QGIS para a visualização quantitativa dos resultados das classes e a produção e elaboração dos mapas e análises dos resultados. Os resultados quantitativos das áreas de cada classe analisada foram obtidos por meio da utilização de calculadora de atributos para vetores.

## **Caracterização socioeconômica**

Como ferramenta e instrumento de coleta de dados das características econômicas e sociais do espaço geográfico de análise (grupo social inserido na unidade de pesquisa), foi utilizado um questionário. Para construção do questionário, seguiram-se alguns critérios básicos para lógica no processo, como evitar palavras e/ou perguntas indiscretas e sugestivas que de alguma forma poderiam comprometer o processo de coleta de dados; utilizar perguntas fechadas, alternativas e de escala; e fazer sigilo quanto à identificação e localização (incluindo aqui, a localização geográfica) das amostras de pesquisa. Aplicou-se um questionário em cada estabelecimento produtor de suínos industrial na área de drenagem da MBHLC.



## **Caracterização fundiária**

A caracterização fundiária dos estabelecimentos rurais na MBHLC foi realizada com base nos dados do Cadastro Ambiental Rural (CAR), disponíveis na plataforma de consulta pública do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SiCAR). Utilizaram-se os metadados do município de Concórdia para as declarações feitas até junho de 2018, fazendo o recorte para os estabelecimentos de interesse (imóveis e/ou posses rurais localizados na área de drenagem da microbacia).

## **Balanco simplificado de fósforo (P)**

O balanço de nutrientes é uma das ferramentas para avaliação do uso de fertilizantes para o solo na agricultura, que representa a diferença entre a saída de nutrientes pelo consumo das culturas agrícolas (exportação) e a sua entrada no sistema via adubação (International Plant Nutrition Institute, 2020).

As informações geradas pelo balanço indicam que saldos negativos, onde a exportação extrapola a adubação, ocorrem pela redução da fertilidade do solo, ou seja, por insuficiência nutricional para as plantas e redução direta de produtividade, e saldos positivos, geralmente, são associados ao aumento da fertilidade do solo e produtividade. Entretanto, representam um grande risco de perda e/ou acúmulo de nutrientes quando aplicados em excesso e, conseqüentemente, ocorrem desequilíbrios ambientais, com impactos na biodiversidade, solo, ar e recursos hídricos.

Assim, a utilização do balanço de nutrientes como método para a avaliação da adubação orgânica via dejetos líquidos de suínos pode contribuir para o reconhecimento das demandas e ofertas de nutrientes nos sistemas agropecuários a serem analisados, tanto em aspectos agronômicos como ambientais.

Propõe-se a utilização de modelo simplificado para a tomada de decisão mediante a utilização de dados disponíveis nas suas diversas escalas (propriedade rural, bacia hidrográfica, município, etc.), sem necessidade de investimentos e/ou equipamentos sofisticados (Seganfredo, 2003).

O modelo simplificado se estrutura no balanço de oferta e demanda do nutriente fósforo (indicador: nutriente pouco móvel no solo e que reflete satisfatoriamente o histórico de adubação), considerando os seguintes dados e critérios:

- área total e área efetiva agrícola (incluindo as rotações) do recorte espacial de análise;
- número de cabeças de animais e sistemas de criação de todas as espécies existentes por unidade de produção;
- tipos de culturas praticadas, com expectativa de rendimento médio de produção (demandas);
- condição de uso dos dejetos e taxas de excreção média de fósforo diária dos animais por espécie e fase de produção (ofertas).

Os dados acerca das demandas (necessidades nutricionais das plantas) são baseados no conceito de adubação de manutenção e apresentados no manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Manual..., 2016). Os valores referentes às ofertas (taxas de excreção média de nutrientes via dejetos animais) foram obtidos da Instrução Normativa nº 11 do Instituto do Meio Ambiente (IMA) do estado de Santa Catarina (Santa Catarina, 2014).

O cálculo do balanço simplificado segue a fórmula:

$$BF = \left( (AL * MR) + ((ER - RR) * AD) \right) - (NA * TE)$$

Onde:

**BF:** Balanço de fósforo ( $P_2O_5$ ) kg/ano

**AL:** Área total da lavoura em ha

**MM:** Valor de manutenção para o rendimento referência em termos de fósforo ( $P_2O_5$ ) em kg/ha

**ER:** Valor da expectativa de rendimento em t/ha

**RR:** Valor de rendimento referência em t/ha

**AD:** Valor adicional para expectativa de rendimento em t/ha

**NA:** Número de cabeças animais de um sistema de produção

**TE:** Taxa de excreção média por cabeça animal em kg/ano

Os dados para a aplicação do balanço simplificado foram obtidos dos processos de licenciamento ambiental do IMA do estado de Santa Catarina e da aplicação dos questionários para todos os estabelecimentos com produção industrial de suínos inseridos na área de drenagem da MBHLC.

## **Base de dados e sistema de informação geográfica**

A estrutura e a organização dos dados e informações gerados a partir da utilização dos instrumentos de coleta (dados primários e secundários) e por meio de técnicas de geoprocessamento foram estabelecidas em um banco de dados geográficos (*geodatabase*), o qual corresponde a um diretório digital que armazena e possibilita a consulta dos dados nos seus diversos tipos (cadastrais e não cadastrais, numéricos, imagens, etc.) e análise integrada da paisagem através dos diferentes métodos de avaliação empregados.

Utilizou-se o *PostgreSQL* como sistema gerenciador de banco de dados (SGBD), acoplado à aplicação do *PostGIS* e integrado ao software de geoprocessamento *QuantumGIS*, o que oportunizou a união dos dados e informações descritivas das diferentes metodologias de caracterização aplicadas a uma referência geográfica, permitindo assim a espacialização das informações para sua representação através de mapas.

Ainda, a utilização do conceito de softwares livres para os SIGs empregados nesta pesquisa possibilitou a utilização deste instrumento para entrada, armazenamento, recuperação, manipulação e análise de um grande volume de dados sem custo, o que permitiu a sua ampla utilização como ferramenta auxiliar dos demais estudos que são desenvolvidos na MBHLC.

## Resultados e discussão

A MBHLC tem área total de drenagem de 2,343 km<sup>2</sup>, perímetro de 6,442 km e comprimento axial de 1,657 km. Os dados e características geométricas da bacia estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características geométricas da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Índice	Valor
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,18
Fator de forma (Kf)	0,86
Índice de circularidade (Ic)	0,71
Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICo)	1,34

Com relação aos dados obtidos para o coeficiente de compacidade (1,18), fator de forma (0,86), índices de circularidade (0,71) e entre o comprimento e a área da bacia (1,34), a MBHLC apresenta baixa tendência a enchentes. Conforme destacam Villela e Mattos (1975), “uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com maior fator de forma”; ainda, Christofolletti (1980) complementa, “a contribuição dos tributários atinge o curso d’água principal em vários pontos ao longo do mesmo, na qual a concentração de todo o deflúvio da bacia se dá num só ponto”.

Tais características geométricas são integradas aos padrões de drenagem da bacia, que se constituem em um total de seis cursos d’água perenes<sup>1</sup>, tendo o rio principal 1,668 km de extensão. De acordo com a linha geral de escoamento destes recursos hídricos na MBHLC, e em relação à inclinação das camadas geológicas da área, são classificados como rios consequentes, cujos cursos foram determinados pela declividade da superfície terrestre, em geral coincidindo com a direção da inclinação principal das camadas. Tais rios

<sup>1</sup> São cursos hídricos que contêm água durante todo o tempo. O lençol subterrâneo mantém uma alimentação contínua e não desce nunca abaixo do leito do curso d’água, mesmo durante as secas mais severas (Christofolletti, 1980).

formam cursos de lineamento reto em direção às baixadas, compondo uma drenagem paralela (Christofoletti, 1980).

Já em relação ao escoamento global da bacia, ela é classificada como exorreica, definida devido ao escoamento das águas na área de drenagem se fazer de modo contínuo até bacias maiores, que integram uma rede de drenagem que desemboca diretamente no nível marinho (Christofoletti, 1980).

Com relação à disposição fluvial dos cursos d'água, a classificação sistemática do arranjo espacial é denominada como drenagem dendrítica, ou seja, estes rios se distribuem em todas as direções sobre a superfície do terreno e se unem formando ângulos agudos de graduações variadas, mas sem chegar a um ângulo reto (Christofoletti, 1980).

Em se tratando do grau de ramificação ou bifurcação dos cursos hídricos, considera-se a bacia em análise como ordem 3 sob a ótica de Strahler (1952), apresentando na Tabela 2.

**Tabela 2.** Classificação dos cursos d'água na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Ordem	Nº de rios (segmentos)	Comprimento total (km)	Comprimento vetorial total (km)
1	6	3,053	2,798
2	2	1,260	1,167
3	1	0,365	0,324
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>4,678</b>	<b>4,289</b>

Evidencia-se a predominância de cursos d'água de ordem 1 na bacia. Estes rios correspondem às áreas de nascente, diferenciadas por se situarem em áreas elevadas e de maior declividade. Apresentam regime mais turbulento e irregular, caracterizadas mais por sua velocidade do que por seu volume. Além disso, a rapidez de resposta em casos de precipitação gera aumento repentino da vazão como no retorno à situação natural quando cessada a chuva (Torres; Machado, 2012).

Ainda, Christofolletti (1980) considera que, sob condições geográficas e climáticas similares, a descarga e outras características hidrológicas dependem, em grande parte, do número de canais existentes em um determinado território.

Com o estabelecimento do ordenamento ou hierarquização fluvial da MBHLC, possibilitou-se a determinação das características lineares da área, englobando os índices e relações a propósito da rede hidrográfica ao longo das linhas de escoamento, conforme Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação dos cursos d'água na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Ordem	Nº de rios	<i>Rb</i>	<i>Rlm</i>	<i>Rlb</i>	<i>Rev</i>
1	6	-	-	-	-
2	2	0,29	0,21	0,73	0,58
3	1	0,33	0,18	0,54	0,40

*Rb*: relação de bifurcação; *Rlm*: relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem; *Rlb*: relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação e *Rev*: relação do equivalente vetorial.

Os dados obtidos com a relação de bifurcação indicam que as regiões de vertentes estão situadas em relevo bem dissecado e distribuição desigual, com morros e colinas bem desenvolvidas (Castro; Carvalho, 2009).

Para a relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, os dados apresentam equilíbrio entre as extensões longitudinais da ordem 1 e 2 e significativa variação da ordem 2 para 3, que se justifica devido a ser o curso principal. Já para a relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, expressa alto grau de desenvolvimento da drenagem, também indicado pelos valores encontrados para a relação do equivalente vetorial (Christofolletti, 1980).

À medida que a ordem dos canais aumenta, existe uma tendência da diminuição das declividades, caracterizando uma área de redução dos fluxos de velocidade hídrica, onde podem ocorrer deposições de sedimentos oriundos do trecho superior, bem como a uniformização das vazões (Christofolletti, 1980).

Estes padrões de drenagem exibem informações que indicam a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia de drenagem, regulada parcialmente pelo rio principal, que apresenta extensão vetorial de 1,394 km, determinando as seguintes características areais (Tabela 4).

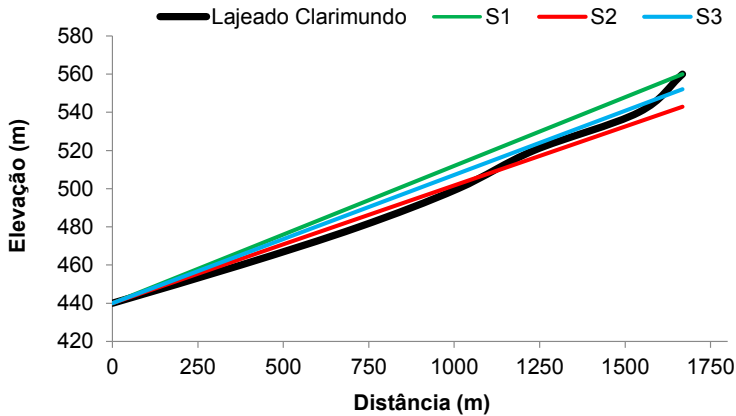
**Tabela 4.** Características areais da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Índice	Valor
Densidade de drenagem (Dd)	2,00 km/km <sup>2</sup>
Densidade de rios (Dr)	2,56 km <sup>2</sup>
Extensão média do escoamento superficial (I)	0,13 km
Coefficiente de manutenção (Cm)	500,86 m <sup>2</sup> /m
Sinuosidade do curso d'água	1,20

O valor obtido com o índice da densidade de drenagem demonstra uma bacia bem drenada (Villela; Mattos, 1975). Com relação à densidade de rios, indica moderado escoamento fluvial por unidade de área. O índice da extensão média do escoamento superficial exibe potencial de transporte de água sobre a superfície do solo da bacia, ou seja, mais rápidas as águas pluviais atingirão as calhas fluviais, diminuindo o período de infiltração e aumentando a parcela relativa ao escoamento superficial (Carrilho et al., 2008).

Para o coeficiente de manutenção, o valor encontrado determina que a bacia apresenta um ótimo sistema de drenagem, principalmente em relação a sua distribuição sobre a área. Já para o índice de sinuosidade do curso d'água, caracteriza-se como meândrico, com potencial controle na velocidade do escoamento fluvial na bacia (Lopes, 2007).

A variação de declividade do rio principal é de 120 m (S1) da nascente principal até a foz. Em relação à compensação de áreas (S2), apresenta média de declividade de 45°, a partir das vertentes em direção à foz ou exutório da bacia, e para a declividade equivalente constante (S3) representa declividade de 0,061 m/m, ou seja, o tempo de percurso da água ao longo da extensão do perfil longitudinal do rio é reduzida, determinando um bom escoamento fluvial, com velocidades entre os canais do sistema de drenagem, conforme visualizado no Figura 2.



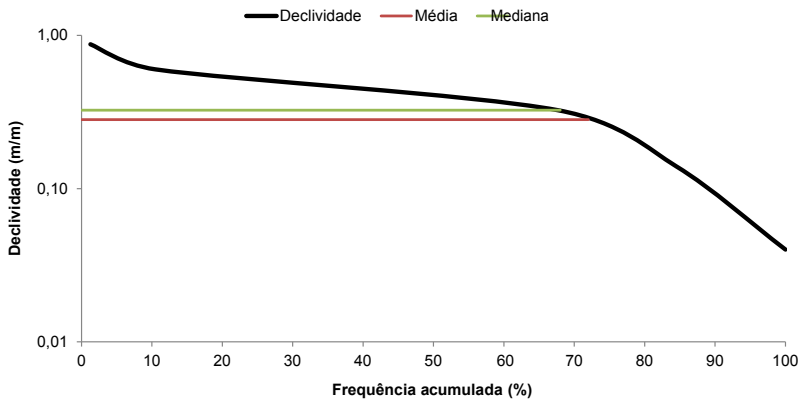
**Figura 2.** Perfil longitudinal do rio principal, microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

As características do relevo também são informações importantes, pois a declividade dos terrenos controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando, portanto, o tempo que leva a água da chuva para se concentrar nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem em cada setor da bacia (Villela; Mattos, 1975).

A distribuição percentual das declividades na MBHLC apresenta média de 0,2820 (28%) e mediana de 0,3250 (32%), demonstrando que a bacia possui, em média, terrenos forte ondulados<sup>2</sup> (Figura 3), de acordo com as classes clinográficas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos, et al., 2018).

<sup>2</sup> São superfícies de topografias movimentadas, formadas por outeiros e/ou morros, com declives fortes, predominantemente variáveis de 20% a 45%.





**Figura 3.** Curva de distribuição da declividade da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

A declividade média de uma bacia hidrográfica se constitui em um parâmetro para identificar as áreas, ou parte delas, mais vulneráveis à atuação de processos erosivos (Figura 4), pois a declividade controla em grande medida a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando assim a maior ou menor infiltração da água, oportunizando picos de inundação e/ou maior suscetibilidade de erosão dos solos (Torres; Machado, 2012).

Com relação à variação da elevação (distribuição altimétrica do terreno - Figura 5) na bacia com referência ao nível do mar, apresenta altitude média de 575 m, com amplitude altimétrica de 200 m (Figura 6).

A variação e a elevação média de uma bacia são, também, importantes pela influência que exercem sobre a precipitação, sobre as perdas de água por evaporação e transpiração e, conseqüentemente, sobre o deflúvio médio, onde grandes variações de altitude numa bacia acarretam diferenças significativas na temperatura média (Vilela; Mattos, 1975).

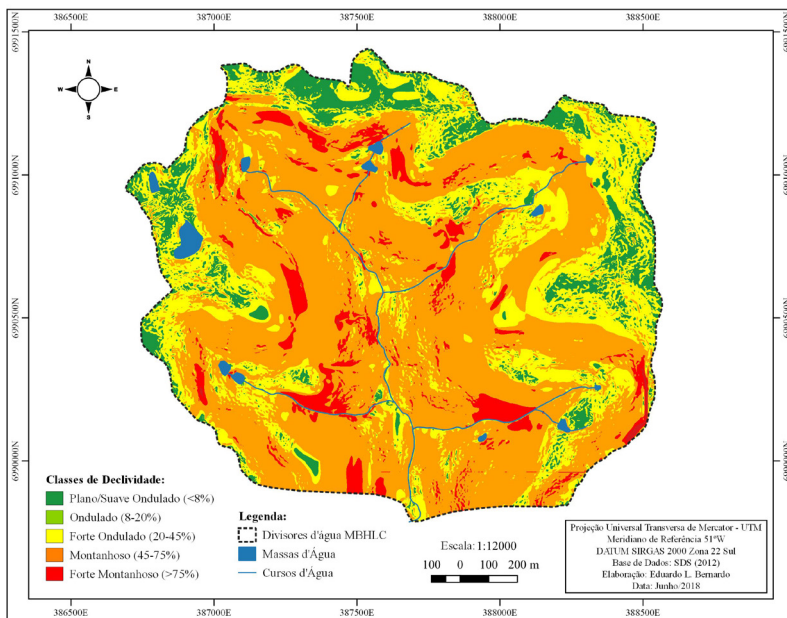


Figura 4. Mapa clinográfico da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

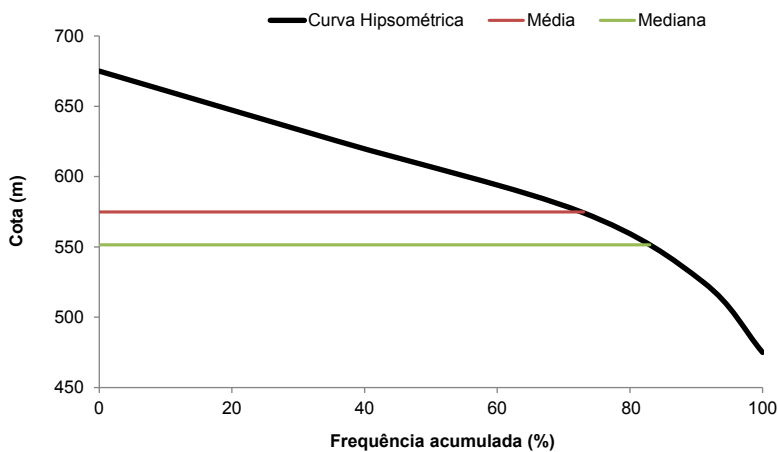
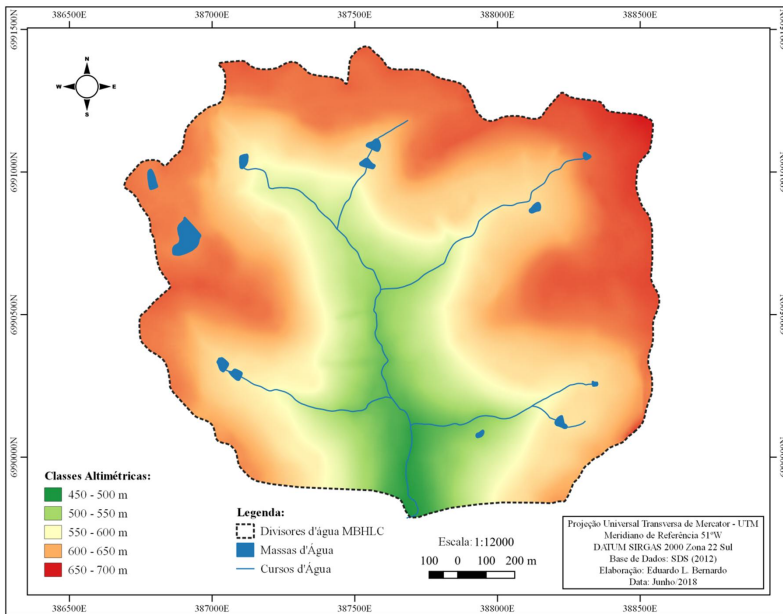


Figura 5. Curva hipsométrica da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

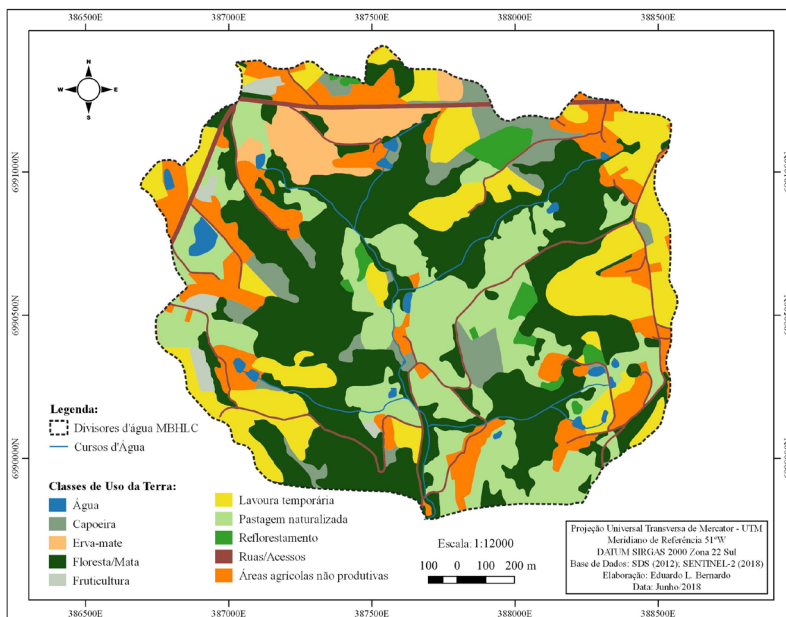


**Figura 6.** Mapa altimétrico da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Com relação aos índices adimensionais agregados à análise hipsométrica da MBHLC, a razão de relevo apresentou valor de 119,3, determinando elevado desnível entre a cabeceira e o exutório, inferindo que o relevo é predominantemente irregular, indicando instabilidade, com moderada movimentação topográfica, e refletindo uma íntima relação infiltração-deflúvio.

Para o índice de rugosidade, o valor obtido foi de 397,32, o que indica considerável amplitude altimétrica nas vertentes em relação à densidade de drenagem nos terrenos da MBHLC, apontando vertentes longas e íngremes.

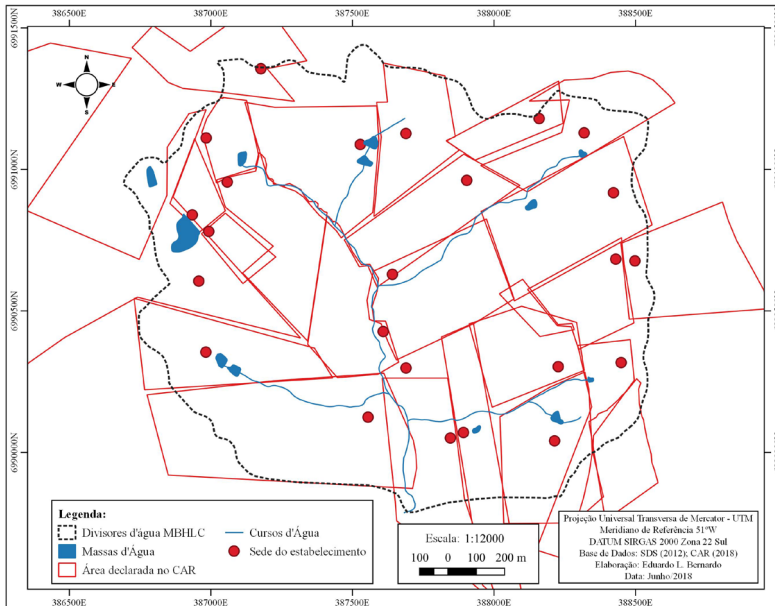
O uso da terra na MBHLC é caracterizado pela predominância de áreas de floresta secundária, em sua maioria classificada em estágio sucessional inicial de regeneração, com pequenos fragmentos em estágio médio (Figura 7).



**Figura 7.** Mapa de uso da terra da microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

A área de floresta/mata representa 34,5%, seguida da classe pastagem naturalizada (área destinada ao pastoreio do gado, composta basicamente por gramíneas, com baixa aplicação tecnológica) com 20,7%, lavoura temporária (cultivo de plantas de curta e/ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, em especial para grãos e leguminosas para forragem) com 16,2%, áreas agrícolas não produtivas (compreende as áreas não produtivas no estabelecimento, integrando as benfeitorias, áreas de lazer e demais espaços públicos e/ou privados) com 11,6%, áreas de capoeira (compostas por vegetação secundária, principalmente gramíneas e arbustos isolados, também reconhecidas em estado de pousio) com 5,3%, silvicultura (área de composição, trato e cultivo de povoamentos florestais, para produção de alimentos e/ou matérias-primas para indústria) com 5,2%, ruas/ace-sos e servidões administrativas de uso público com 3,7%, reflorestamento (espécies exóticas de crescimento acelerado, como *pinus sp.* e *eucalyptus sp.*, para produção de madeira) com 2,1%, e água com 0,7%.

Ainda, na área da MBHLC estão inseridos 25 imóveis e/ou posses rurais, com pelo menos uma parcela da propriedade na área da bacia, de acordo com os dados disponíveis pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR). O perfil fundiário é caracterizado basicamente por minifúndios<sup>3</sup>, com média de 9,3 ha de área por imóvel e/ou posse rural (Figura 8).



**Figura 8.** Distribuição fundiária na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

A situação da posse da terra nos estabelecimentos da MBHLC se encontra em sua maioria sob a exploração de seus proprietários, que representam 95%, restando apenas 5% sob condição de arrendatários. Com relação à moradia, a média de unidades de residência ocupadas por estabelecimento é de duas casas, que acomodam em média quatro pessoas por propriedade.

<sup>3</sup> Para a classificação dos imóveis, utilizou-se a definição indicada na Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, que leva em conta o módulo fiscal, que varia de acordo com cada município, classificados em: minifúndio (imóvel rural com área inferior a 1 módulo fiscal); pequena propriedade (o imóvel de área compreendida entre 1 e 4 módulos fiscais); média propriedade (imóvel rural de área superior a 4 e até 15 módulos fiscais); e grande propriedade (imóvel rural de área superior 15 módulos fiscais). Para o município de Concórdia (SC), a equivalência de 1 módulo fiscal corresponde a uma área de até 18 hectares.

A mão de obra com dedicação integral de trabalho no estabelecimento apresenta média de duas pessoas. A média de idade da população inserida na microbacia é de 41 anos.

A principal atividade econômica é a suinocultura, com dez estabelecimentos produtores, conjuntamente com a bovinocultura de leite e agricultura diversificada. O plantel animal na MBHLC é de 5.125 suínos em terminação e 792 matrizes, distribuídas em duas unidades produtoras de leitões (UPL), duas unidades produtoras de desmamados (UPD), cinco terminadores e uma unidade de ciclo completo.

Toda produção de suínos é desenvolvida no sistema de integração, com dominância da empresa Brasil Foods S.A. (BRF S.A.), com 5.125 suínos terminados por ano. As demais empresas são JBS S.A., Cooperativa de Produção e Consumo Concórdia (Copédia), Cooperativa Agroindustrial Salto Veloso (Coopersalto), Frigorífico Ana Rosa Ltda., e Frigorífico Varpi Ltda., para matrizes com 792 cabeças.

Em termos de demanda de água para produção animal, o volume requerido anualmente para atender o plantel de suínos na área da MBHLC é de 25,4 mil metros cúbicos por ano (Tabela 5). O abastecimento de água para os estabelecimentos produtores tem origem subterrânea, com o tratamento e a distribuição feitos pela Associação de Moradores e Agricultores de Santo Antônio.

**Tabela 5.** Quantitativos animais e demanda de água por sistema de produção (total) de suínos na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Sistema	Nº de cabeças	Demanda de água (m <sup>3</sup> /ano) <sup>1</sup>
Terminação	5.125	15.526,2
UPL	592	7.627,6
UPD	185	1.877,2
Ciclo completo	15	399,1
<b>Total</b>	<b>5.917</b>	<b>25.430,1</b>

<sup>1</sup>Os valores de demanda de água por sistema de produção foram obtidos a partir da Instrução Normativa Nº 11 - Suinocultura, do Instituto de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (IMA).

Para dejetos, o manejo é em sua totalidade na forma líquida, utilizado como fertilizante de solo, em especial nas áreas de lavoura temporária e pastagem naturalizada. O balanço simplificado de nutrientes considerou como oferta a taxa de excreção de fósforo ( $P_2O_5$ ) via dejetos líquidos de suínos (DLS), de acordo com o sistema produtivo e da parcela utilizada e aplicada como fertilizante do solo nos estabelecimentos conforme declarado por cada produtor (Tabela 6).

**Tabela 6.** Quantitativos animais, produção e utilização de DLS nos estabelecimentos produtores de suínos na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Sistema de produção	Nº de cabeças	Volume de DLS produzido (m <sup>3</sup> /ano)	% utilizada do DLS <sup>1</sup>	Volume de DLS utilizado (m <sup>3</sup> /ano)
Terminação	1.875	3.078,7	50	1.539,3
Terminação	1.250	2.052,5	100	2.052,5
Terminação	800	1.313,6	100	1.313,6
Terminação	750	1.231,5	100	1.231,5
Terminação	450	738,9	100	738,9
UPL	352	2.929,3	50	1.464,7
UPL	240	1.997,2	70	1.398,1
UPD	140	827,8	100	827,8
UPD	45	266,0	70	186,2
Ciclo completo	15	257,8	100	257,8
<b>Total</b>	<b>5.917</b>	<b>14.693,6</b>	<b>-</b>	<b>11.010,4</b>

<sup>1</sup>Corresponde à parcela de dejetos líquidos utilizada como fertilizante de solo no estabelecimento, desconsiderando a parcela destinada à cedência em outras áreas, segundo os dados declarados no questionário.

Como demandas, consideraram-se a exigência nutricional das plantas e o rendimento médio para cada cultura praticada, seguindo os conceitos de adubação de reposição para atendimento às expectativas de produção das culturas para a região.

A Tabela 7 apresenta o balanço simplificado do nutriente fósforo ( $P_2O_5$ ) para os estabelecimentos analisados, considerando apenas a parcela utilizada nas propriedades e na área de drenagem da MBHLC.

**Tabela 7.** Síntese do balanço simplificado de fósforo ( $P_2O_5$ ) nos estabelecimentos produtores de suínos na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

Sistema de produção	Área agrícola útil (ha) <sup>1</sup>	Oferta de $P_2O_5$ via DLS (kg/ano)	Demanda de $P_2O_5$ nas culturas agrícolas praticadas (kg/ano) <sup>2</sup>	Balanço de $P_2O_5$ (kg/ano)
Terminação	7,0	4.031,3	280,0	3.751,3
Terminação	8,5	5.375,0	1.892,5	3.482,5
Terminação	6,5	3.440,0	975,0	2.465,0
Terminação	7,0	3.225,0	830,0	2.395,0
Terminação	11,0	1.935,0	440,0	1.495,0
UPL	8,0	1.936,0	640,0	1.296,0
UPL	6,5	1.848,0	1.295,0	553,0
UPD	10,0	2.520,0	1.320,0	1.200,0
UPD	2,0	567,0	300,0	267,0
Ciclo completo	15,0	739,5	1.645,0	-905,5
<b>Total</b>	<b>81,5</b>	<b>25.616,8</b>	<b>9.617,5</b>	<b>15.999,3</b>

<sup>1</sup>Corresponde ao somatório das áreas agrícolas (lavouras temporárias, pastagem naturalizada e demais culturas florestais) utilizadas nos estabelecimentos, de acordo com os dados declarados no questionário e conferidos via utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

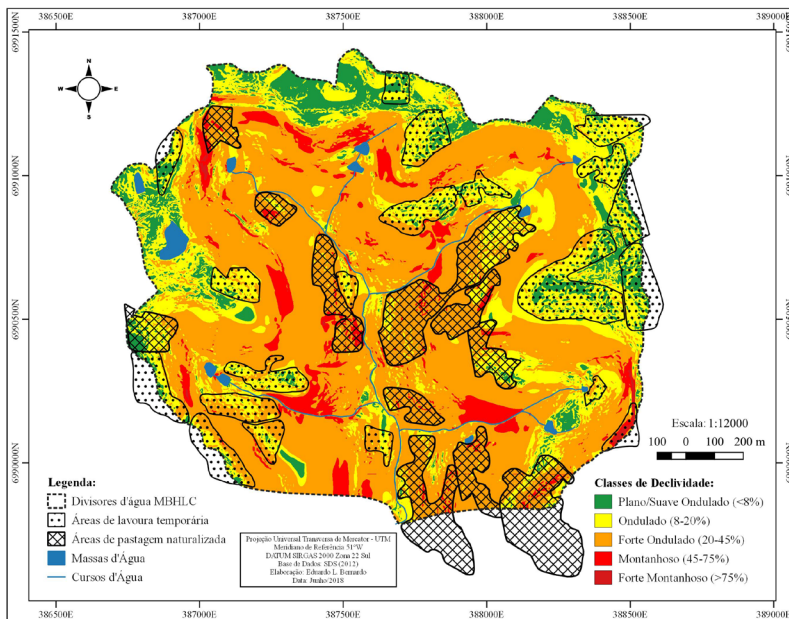
<sup>2</sup>Os valores seguem as práticas declaradas em questionário para as culturas agrícolas utilizadas nos ciclos anuais e seus respectivos rendimentos médios encontrados para região, de acordo com o Manual de Adubação e Calagem dos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016).

A taxa média de aplicação de fósforo ( $P_2O_5$ ) para as áreas de culturas agrícolas no âmbito dos estabelecimentos é de 314,3 kg/ha/ano, já em termos de volume de DLS é de 135,1 m<sup>3</sup>/ha/ano.

Os valores indicam saldo positivo (15,9 t/ano de fósforo), ou seja, utilização de DLS que excede as demandas culturais praticadas. Vale ressaltar que estes valores não levam em consideração a carga advinda de outras atividades pecuárias, como o caso da bovinocultura de corte e de leite, bem como dos possíveis saldos já acumulados no solo e da adubação química praticada.

Ainda, as áreas que recebem os DLS como fertilizantes de solo estão situadas, em grande parte, em terrenos com declividade acentuada e muito próximos aos cursos d'água, conforme se observa na Figura 9.





**Figura 9.** Localização das áreas agrícolas que recebem DLS como fertilizantes de solo na microbacia hidrográfica do lajeado Clarimundo.

As áreas de lavoura temporária situam-se em terrenos com declividade que variam de 8% a 20% (ondulado), em sua grande maioria, e as áreas de pastagem naturalizada estão localizadas em terrenos forte ondulado, com declividades que variam de 20% a 45%.

A contaminação dos corpos d'água por escoamento superficial advindo das áreas que utilizam DLS como fertilizantes é um processo influenciado por fatores de clima, tipo e uso do solo, manejo da terra e aspectos físico-ambientais, em especial a declividade (Bêrziņa; Sudârs, 2010; Wortmann, 2013). Ainda, estima-se que menos de 25% de todo P aplicado anualmente nas áreas agrícolas é absorvido pelas culturas, sendo o restante (75%) fixado ao perfil do solo ou se perdendo para a água, por conta do escoamento superficial em áreas de declividade acentuada (Morgan, 1997).

## Considerações finais

A densidade de suínos na área da MBHLC é cinco vezes maior que no município de Concórdia (maior produtor do estado de Santa Catarina) e 56 vezes maior que no território brasileiro. Além disso, as características físico-ambientais da MBHLC apresentam restrições quanto ao uso do solo em relação aos aspectos de declividade, bem como os resultados gerados a partir do balanço simplificado de nutrientes destacam um desbalanço de P de 62,4%.

## Referências

BASNET, B. B.; APAN, A. A.; RAINE, S. R. Selecting suitable sites for animal waste application using a raster GIS. **Environmental Management**, v. 28, n. 4, p. 519-531, Oct. 2001. DOI: 10.1007/s002670010241.

BATJES, N. H. Mapping of Soil and Terrain Vulnerability to Specified Chemical Compounds in Europe at a Scale of 1:5 M. **CTB/ISRIC**, v. 1, n. January, p. 1-19, 1991.

BERTO, J. L. **Balanço de nutrientes em uma sub-bacia com concentração de suínos e aves como instrumento de gestão ambiental**. 2004. 214 f. Tese. (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BÊRZIÑA, L.; SUDĀRS, R. The Concept of Phosphorus Index for Identification of phosphorus loss risk. **LLU Raksti**, v. 25, n. 320, p. 13–26, 2010.

CARRILHO, L. V. de M.; SANTOS, K. M. dos; FILGUEIRA, H. J. A.; NEVES, C. de A.; PEDROSA FILHO, L. de A.; SILVA, T. C. da. Integrando Informações para a Gestão de Restauração de Rios: Bacia do Rio Marés no Litoral Sul Paraibano. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 9, 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2008.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Carvalho. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Revista Scientia Plena**, v. 5, n.2, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CONCEIÇÃO, G. **Risco de degradação de águas superficiais em bacias hidrográficas com suinocultura intensiva**. 2013. 204 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

COUTO, R. R. **Vulnerabilidade do solo a poluição por fósforo, cobre e zinco, em áreas sob aplicação de dejetos de suínos**. 2014. 179 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Central de Inteligência de Aves e Suínos** - CIAS. Estatísticas. Desempenho da produção. Brasil 2018. Concórdia, 16 maio 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 3 fev. 2020.

GUIMARÃES, D. D.; AMARAL, G. F.; MAIA, G. B. da S.; LEMOS, M. L. F.; ITO, M.; CUSTODIO, S. Suinocultura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial | Agroindústria**, v. 1, n. 45, p. 85-136, 2017.

HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. de; MIRANDA, C. R. de. Meio ambiente baliza atuação da unidade a partir dos anos 90. In: SOUZA, J. C. P. V. B.; TALAMINI, D. J. D.; SCHEUERMANN, G. N.; SCHMIDT, G. S. (Ed.). **Sonho, desafio e tecnologia: 35 anos de contribuições da Embrapa Suínos e Aves**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 271-289.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945. DOI: 10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. Resultados Preliminares. Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: <[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/index.html](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html)>. Acesso em 5 Fev. 2020.

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE. **Balço de Nutrientes na Agricultura Brasileira**. Canada: IPNI, 2020. Disponível em: <<http://brasil.ipni.net/article/BRS-3133>>. Acesso em: 03 mar. 2020.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B. Spatial soil information systems and spatial soil inference systems: perspectives for digital soil mapping. In: LAGACHERIE, P. **Digital soil mapping: an introductory perspective**. Amsterdam: Elsevier, 2007, Cap. 1, p. 3-22.

LOPES, R. M.; ASSUNÇÃO, H.; SCOPEL, I.; CABRAI, J. Características Fisiográficas e Morfométricas da Microbacia do Córrego Jataí no Município de Jataí-GO. **Revista Geoambiente On-Line**. v. 1, n. 9, p. 1-22, 2007. DOI: 10.5216/rev.%20geoambie.v0i9.25948.

MANUAL de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, 2016. 376 p.

MAPEAMENTO da suinocultura brasileira. Brasília, DF: ABCS, 2016. 186 p. il. color.

MIRANDA, C. R. **Avaliação de estratégias para sustentabilidade da suinocultura**. 2005. 264 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MORGAN, M. A. The behaviour of soil and fertiliser phosphorus. In: TUNNEY, H.; CARTON, O.; BROOKES, P.; JOHNSTON, A. (Ed.). **Phosphorus loss from soil to water**. Wallingford: CAB International, 1997. 352 p.

NICOLOSO, R. da S.; OLIVEIRA, P. A. V. de. Modelo de gestão e de licenciamento ambiental para a suinocultura brasileira. In: PALHARES, J. C. P. (Org.). **Produção animal e recursos hídricos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudoeste, 2016. v. 1. p. 97-104.

OGBUEWU, I. P.; ODOEMENAM, V. U.; OMEDE, A. A.; DURUNNA, C. S.; EMENALOM, O. O.; UCHEGBU, M. C.; OKOLI, I. C.; ILOEJE, M. U. Livestock waste and its impact on the environment. **Scientific Journal of Review**, v. 1, n. 2, p. 17-32, Aug. 2012. DOI:10.14196/sjrv1i2.184.

OILSEEDS and oilseed products. In: OECD-FAO Agricultural outlook 2012-2021. FAO. Roma: OECD/FAO, 2012. p. 133-246. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Oilcrops/Documents/OECD\\_Reports/Ch5StatAnnex.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Oilcrops/Documents/OECD_Reports/Ch5StatAnnex.pdf)>. Acesso em 5 Fev. 2020.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável. Fundação do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 11, **Suinocultura**, de 21 fev. 2009, atualizada em 14 nov. 2014. Florianópolis: SDS/ FATMA, 2014. 37 p. Disponível em: <[http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas %2011%20Suinocultura.pdf](http://www.ima.sc.gov.br/index.php/licenciamento/instrucoes-normativas%2011%20Suinocultura.pdf)>. Acesso em: 29 jan. 2020.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SEGANFREDO, M. A. **Modelo simplificado de avaliação de risco ambiental na reciclagem dos dejetos de suínos como fertilizante do solo**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003.4 p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 343).

SEGANFREDO, M. A. Uso de dejetos suínos como fertilizante e seus riscos ambientais. In: SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 150-175.

SHARPLEY, A. N. Agricultural Phosphorus and Eutrophication. **Environmental Protection**, v. ARS-149, n. September, p. 1-43, 2003.

STRAHLER, A. Hypsometric analysis of erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952. DOI: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117: HAAOET]2.0.CO;2.

TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Geoprocessamento como aliado da pedologia. **Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 32-35, 2014.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução a hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2014.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

WORTMANN, C. S.; SHAPIRO, C.; HELMERS, M.; MALLARINO, A.; BARDEN, C.; DEVLIN, D.; PIERZYNSKI, G.; LORY, J.; MASSEY, R.; KOVAR, J. **Agricultural: phosphorus management and water quality protection in the midwest**. Lincoln: University of Nebraska - Lincoln, 2013. Disponível em: <<http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/rp187.pdf>>.