



**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
E CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**PEGADA HÍDRICA DA ATIVIDADE SUINÍCOLA NA REGIÃO DO COREDE
SERRA**

SOFIA HELENA ZANELLA CARRA

Caxias do Sul, 2015



**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**PEGADA HÍDRICA DA ATIVIDADE SUINÍCOLA NA REGIÃO DO COREDE
SERRA**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como requisito para a obtenção de grau de mestre em Engenharia e Ciências Ambientais, orientado pela Professora Dr^a. Vania Elisabete Schneider.

Caxias do Sul, 2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Caxias do Sul
UCS - BICE - Processamento Técnico

C311p Carra, Sofia Helena Zanella, 1989-
Pegada hídrica da atividade suinícola na região do COREDE Serra /
Sofia Helena Zanella Carra. – 2015.
84 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade de Caxias do Sul, Programa de
Pós-graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, 2015.
Orientação: Profa. Dra. Vania Elisabete Schneider.

1. Suíno - Criação - Serra, Região (RS). 2. Recursos hídricos -
Administração. 3. Água - Consumo. I. Título.

CDU 2.ed.: 636.4(816.5)

Índice para o catálogo sistemático:

- | | |
|---|---------------|
| 1. Suíno - Criação - Serra, Região (RS) | 636.4(816.5) |
| 2. Recursos hídricos - Administração - Serra, Região (RS) | 556.18(816.5) |
| 3. Água - Consumo - Serra, Região (RS) | 628.17(816.5) |

Catalogação na fonte elaborada pela bibliotecária
Paula Fernanda Fedatto Leal – CRB 10/2291

RESUMO

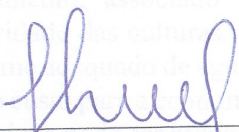
Pegada Hídrica da Atividade Suinícola na Região do Corede Serra

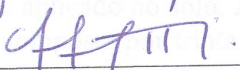
Sofia Helena Zanella Carra

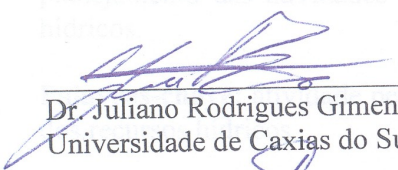
Dissertação de Mestrado submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade de Caxias do Sul, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestra em Engenharia e Ciências Ambientais, Área de Concentração: Gestão e Tecnologia Ambiental.

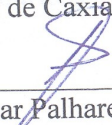
Caxias do Sul, 20 de julho de 2015.

Banca Examinadora:


Dra. Vania Elisabete Schneider - Orientadora
Universidade de Caxias do Sul (UCS)


Dr. Gabriel Fernandes Pauletti
Universidade de Caxias do Sul (UCS)


Dr. Juliano Rodrigues Gimenez
Universidade de Caxias do Sul (UCS)


Dr. Julio César Palhares
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

RESUMO

A atividade suinícola, assim como as demais atividades pecuárias, é diretamente dependente de recursos naturais e, portanto, a falta de conhecimento acerca do impacto sobre os recursos hídricos na atividade pecuária pode comprometer o crescimento do setor. Neste contexto, a pegada hídrica surge como um indicador abrangente do uso da água que permite avaliar qual é o consumo utilizado, direta ou indiretamente, para produzir um determinado produto ao longo de toda a cadeia produtiva. Este trabalho avaliou a pegada hídrica no desenvolvimento da atividade suinícola na região do Corede Serra, no Estado do Rio Grande do Sul, considerando os suínos abatidos no ano de 2014. O cálculo da pegada hídrica foi aplicado para o processo de produção das culturas de milho e soja, destinadas à alimentação dos suínos (pegada hídrica verde), para o processo de confinamento, onde foram considerados os volumes de água destinados a dessedentação animal, limpeza das áreas de criação e incorporação ao animal (pegada hídrica azul) e o volume de água necessário para diluir a carga de fósforo que lixivia em direção aos recursos hídricos a partir da aplicação dos dejetos com fertilizantes (pegada hídrica cinza). A pegada hídrica verde foi a mais significativa (59,35%), seguida pela pegada hídrica cinza (40,44%) e pela pegada hídrica azul (0,21%). Observa-se que o maior consumo de água está na produção das culturas de milho e soja, que são a base da alimentação dos animais e não na água associada ao processo de confinamento. Para reduzir a pegada hídrica verde é necessário aumentar a produtividade de milho e soja, através de investimentos em tecnologias e zoneamento, associado a programas e políticas públicas com vistas ao aumento da produtividade das culturas. Investir em modelos de bebedouros mais eficiente, que forneçam um volume adequado de água e atendam à fase de criação animal, apresenta-se como uma opção de baixo custo para a economia de água e consequente redução da pegada hídrica azul. A pegada hídrica cinza pode ser reduzida através do uso de tecnologias mais eficientes de tratamento dos dejetos suínos, de forma que o fósforo seja removido ou reduzido em baixas concentrações antes de ser aplicado no solo. Ao aplicar a metodologia da pegada hídrica em uma unidade de referência composta por trinta e um município, observou-se que o nível de detalhamento das informações necessárias para se obter um resultado compatível com a situação real, é um verdadeiro desafio. Os resultados obtidos a partir deste trabalho poderão ser utilizados no planejamento das atividades suinícolas no Corede Serra com vistas a gestão dos recursos hídricos.

Palavras-chave: atividade pecuária, recursos naturais, indicador de consumo de água, gestão dos recursos hídricos.

ABSTRACT

The pig activity, as well as other livestock activities, is directly dependent on natural resources. The lack of knowledge about the impact on water resources in the cattle industry can jeopardize the growth of the sector, highlighting the need for methodologies to assess the performance of the same. In this context, the water footprint comes as a comprehensive indicator of water use that evaluates what is the consumption used, directly or indirectly, to produce a particular product throughout the supply chain. Thus, this study aimed to evaluate the water footprint in the development of pig activity in the Corede Serra region, in the state of Rio Grande do Sul, considering the pigs slaughtered in the year 2014. The calculation of the water footprint was applied to the production process of corn and soybeans, aimed at feeding the pigs (green water footprint) and the confinement process, which were considered the volumes of water for animal watering, cleaning the areas of creation and incorporation into the animal (blue water footprint) and the volume of water needed to dilute the phosphorus load of bleach from the application of manure fertilizer and finds the water (gray water footprint). The green water footprint is the most significant (59.35%), followed by the gray water footprint (40.44%) and the blue water footprint (0.21%). It is observed that the highest water consumption is in the production of corn and soybean crops, which are the staple diet of the animals and not in the water associated with the confinement process. Reducing the green water footprint is necessary to increase the productivity of corn and soybeans, through investments in technologies and zoning, associated with programs and policies aimed at increasing crop productivity. Investing in more efficient models drinking fountains, giving an adequate volume of water and meet the phase of breeding, presents itself as a low-cost option for saving water and consequent reduction of the blue water footprint. The gray water footprint can be reduced through the use of more efficient technologies for processing of manure, so that phosphorus is removed or reduced to low levels before being applied to the soil. By applying the methodology of water footprint in a reference unit consisting of thirty-one municipalities, it was observed that the level of detail of the information required to obtain a result consistent with the actual situation, it is a real challenge. The results from this work will be used in the planning of pig activities in COREDE Serra with a view to managing water resources.

Keywords: livestock farming, natural resources, water consumption indicator, management of water resources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representatividade do rebanho de suínos nas cinco grandes regiões do Brasil	14
Figura 2-Distribuição da atividade suinícola no estado do Rio Grande do Sul.....	16
Figura 3 - Quatro fases distintas na avaliação da pegada hídrica.....	21
Figura 4 – Etapas de desenvolvimento do trabalho	23
Figura 5 – Corede Serra.....	24
Figura 6 - Produto Interno Bruto – Corede Serra	24
Figura 7 - Localização do COREDE-Serra em relação às Bacias Hidrográficas Taquari-Antas e Caí.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de suínos abatidos– Brasil e grandes regiões	14
Tabela 2 – Exportação de carne suína por estado – janeiro à dezembro (2014)	15
Tabela 3- Fases de criação dos suínos, pesos e tempos de permanência.....	26
Tabela 4– Consumo de ração, milho e farelo de soja durante a fase de crescimento-terminação	27
Tabela 5 - Área plantada e quantidade de milho produzido nos município do Corede Serra ..	29
Tabela 6 - Informações utilizadas no cálculo do consumo de água pela cultura de soja	30
Tabela 7 - Pegada hídrica para os suínos em abatidos no Corede Serra	58
Tabela 8 - Porcentagem que as pegadas hídricas verde, azul e cinza representam na pegada hídrica total dos suínos abatidos no Corede Serra	59

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
ABSTRACT	5
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1 MERCADO BRASILEIRO DE CARNE SUÍNA	13
3.2 ATIVIDADE SUINÍCOLA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL	15
3.3 USOS DA ÁGUA NA CADEIA PRODUTIVA DA SUINOCULTURA.....	17
3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	18
3.5 PEGADA HÍDRICA	20
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	23
4.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES ACERCA DO REBANHO SUÍNO.....	23
4.2 DEFINIÇÃO DOS PROCESSOS A SEREM AVALIADOS	26
4.3 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA NOS PROCESSOS ANALISADOS.....	27
4.3.1 Cálculo da pegada hídrica verde	27
4.3.2 Cálculo da pegada hídrica azul	31
4.3.3 Cálculo da pegada hídrica cinza.....	32
4.4 AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA NOS PROCESSOS ANALISADOS.....	34
4.5 PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA REDUÇÃO DA PEGADA HÍDRICA	34
4.6 DISCUSSÃO SOBRE A APLICABILIDADE DA METODOLOGIA EM GRANDES ÁREAS	35
5. RESULTADOS	36
5.1 PEGADA HÍDRICA DOS SUÍNOS ABATIDOS NA REGIÃO DO COREDE SERRA/RS–BRASIL.....	38
5.2 PEGADA HÍDRICA CINZA DOS SUÍNOS ABATIDOS NO COREDE SERRA/RS - BRASIL	53
5.3 AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA NOS PROCESSOS ANALISADOS.....	58
5.4 PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA REDUÇÃO DA PEGADA HÍDRICA	61
5.5 DISCUSSÃO SOBRE A APLICABILIDADE DA METODOLOGIA EM GRANDES ÁREAS	62
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
7. RECOMENDAÇÕES.....	68

8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	70
APÊNDICE I: CÁLCULO DA GERAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS E GERAÇÃO DE FÓSFORO.....	74
ANEXO 1: COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA O PERIÓDICO “AMBIENTE & ÀGUA”	79
ANEXO 2: COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA O PERIÓDICO “SCIENTIA CUM INDUSTRIA”	82
ANEXO 3: OUTROS ARTIGOS PUBLICADOS.....	84

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIPECS), o Brasil é o terceiro maior produtor e o quarto maior exportador de carne suína, sendo que chegou a produzir cerca de 3,488 milhões de toneladas de carne suína no ano 2012, com destaque para a Região Sul do Brasil, responsável por 61,4% da produção nacional (ABIPECS, 2012).

As propriedades rurais localizadas na região de geoabrangência do Corede Serra, na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul são caracterizadas por ser, em sua maioria, de pequeno porte e com estrutura familiar, onde a atividade suinícola é associada a outras atividades pecuárias e agrícolas para sustento da propriedade. Tem-se observado um aumento no rebanho suíno na região, resultado da modernização dos sistemas de criação, com a introdução da produção animal industrial e do sistema de integração vertical dos criadores.

Todavia, a preocupação com a preservação e conservação dos recursos naturais não acompanhou o mesmo ritmo de crescimento, tornando a sustentabilidade da atividade um desafio em meio ao aumento de demanda de recursos naturais para a realização da atividade pecuária associada ao crescimento do comércio de carnes a nível mundial. A atividade suinícola, assim como as demais atividades pecuárias, é diretamente dependente de recursos naturais para a sua realização, na qual se evidencia o elevado consumo de água utilizada na cadeia produtiva suinícola para a produção dos alimentos, dessedentação, higienização das áreas de criação, abate e processamento da carne.

A falta de conhecimento das necessidades hídricas para a realização da atividade pecuária faz com que a água seja utilizada de forma abundante nas propriedades rurais, aliado ao fato deste recurso natural ser de fácil acesso na grande maioria das propriedades e não acarretar custos significativos ao produtor. De acordo com Patience (2012), embora a água seja um elemento fundamental na produção de suínos e sua deficiência prejudique o desempenho dos animais, a relação água/produção ainda é um assunto que recebe pouca atenção até que um problema ocorra, surpreendendo sobre o quão pouco se sabe sobre esta relação.

Segundo Palhares (2012), o conceito da pegada hídrica proporciona aos consumidores o conhecimento de como as produções pecuárias se relacionam com a água e como os atores das cadeias produtivas podem promover a gestão e conservação do recurso natural. Neste contexto, segundo Girard (2012), o aumento do conhecimento

sobre a utilização da água pelos diferentes sistemas de produção e o desenvolvimento de métodos padronizados para quantificação desta utilização são a melhor forma, senão a única, para atingir o equilíbrio hídrico das produções.

Até o passado recente, havia poucas abordagens na ciência e na prática de gestão de recursos hídricos sobre consumo e poluição da água ao longo de toda a cadeia de produção e abastecimento. Visualizar o uso oculto da água em produtos pode ajudar no entendimento do caráter global da água doce e na quantificação dos efeitos do consumo e do comércio na utilização dos recursos hídricos. O aperfeiçoamento desta compreensão pode constituir a base para um melhor gerenciamento dos recursos hídricos do planeta (HOEKSTRA, 2011).

De acordo com Palhares (2014), o cálculo da pegada hídrica e sua relação com o território geram informações com relevantes impactos sociais, ambientais e econômicos, necessários para implantação dos instrumentos de gestão contidos na Política Nacional de Recursos Hídricos e proporcionam impactos científicos de grande importância, fortalecendo o tema produção animal e recursos hídricos, possibilitando o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de eficiência hídrica, tecnologias de tratamento de resíduos, mitigação dos impactos ambientais e zootecnia de precisão.

A redução da pegada hídrica é indispensável para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos. Isso poderá ser alcançado promovendo o aumento da eficiência na utilização de água no setor agrícola e, sugere-se, no setor agropecuário: aproveitamento da água da chuva e melhorias nos sistemas de irrigação para o cultivo de grãos; emprego da água da chuva para a limpeza das instalações; manutenção constante na instalação hidráulica que propicia a dessedentação. Igualmente importante é sensibilizar consumidores, tendo em vista que a maior parte das pessoas não tem conhecimento da água que está contida nos produtos que consome e como poderia reduzir essa porção (FERREIRA, 2012).

Neste contexto este trabalho buscou calcular a pegada hídrica da atividade suinícola na região do Corede Serra para os suínos abatidos no ano de 2014.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Calcular a pegada hídrica da atividade suinícola na região do Corede Serra.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o levantamento e a sistematização acerca do rebanho suíno abatido na região do Corede Serra no ano de 2014;
- Analisar as áreas de plantio das culturas destinadas à alimentação dos suínos com vistas ao cálculo da pegada hídrica verde;
- Estimar o consumo de água na atividade de criação suinícola com vistas ao cálculo da pegada hídrica azul;
- Estimar a concentração de fósforo nos dejetos suínos com vistas ao cálculo da pegada hídrica cinza;
- Calcular as pegadas hídricas verde, azul e cinza para os suínos abatidos no ano de 2014, no Corede Serra;
- Propor ações com vistas a mitigar o impacto sobre o uso dos recursos hídricos na atividade suinícola a partir dos resultados da pegada hídrica.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

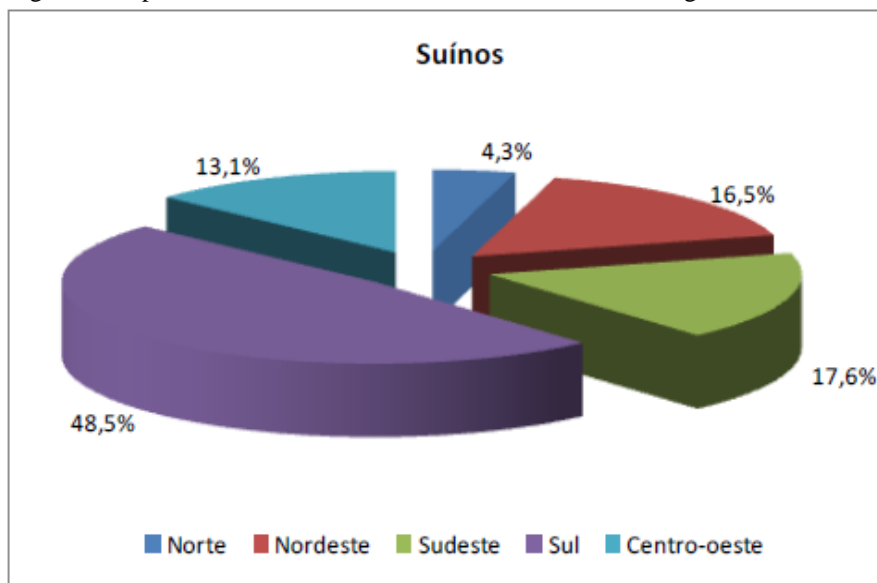
O conhecimento sobre o mercado brasileiro de carne suína, a atividade suinícola no Estado do Rio Grande do Sul, os usos da água na cadeia suinícola, a conceituação sobre os índices de sustentabilidade e a sua importância são necessários para o entendimento da metodologia do cálculo da pegada hídrica. A seguir, são apresentados os referenciais que nortearam o presente trabalho.

3.1 MERCADO BRASILEIRO DE CARNE SUÍNA

A cada ano, a participação do Brasil no comércio internacional de proteína animal vem crescendo, com destaque para a produção de carne bovina, suína e de frango, conforme informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2011). No cenário atual, as projeções mostram que as exportações de carne suína crescem em média 2,6% ao ano, favorecendo o aumento na produção, uma vez que a previsão deste acréscimo em âmbito mundial oscila entre 0,3 e 1,5% ao ano, inferior à expectativa de crescimento nacional de cerca de 1,9% ao ano, com projeção de 20,6% de aumento até 2023 (MAPA,2013).

O aumento da produção animal no Brasil vem sendo possível, conforme informações da Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura -FAO (2006), porque os produtores aproveitam os baixos custos de produção alimentar para a pecuária, decorrentes da proximidade entre os estabelecimentos de produção animal e lavouras de milho e soja. A Região Sul do Brasil é responsável por 48,5% da criação de suínos no Brasil, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1- Representatividade do rebanho de suínos nas cinco regiões do Brasil



Fonte: IPEA (2012)

Na Tabela 1, são apresentados os dados da quantidade de suínos abatidos no ano de 2014 no Brasil e nas cinco regiões.

Tabela 1 - Quantidade de suínos abatidos– Brasil e grandes regiões

Regiões	Animais abatidos (cabeça/ano)
Brasil	37.118.974
Norte	17.242
Nordeste	423.573
Sudeste	7.083.820
Sul	24.357.225
Centro-Oeste	5.227.114

Fonte: IBGE (2014)

Conforme observado na Tabela 1, a Região Sul é responsável por 66% do abate de suínos no Brasil. A Tabela 2 apresenta a relação dos estados que mais exportaram carne suína no ano de 2014, onde observa-se que os estados da Região Sul são os maiores exportadores em nível nacional.

Tabela 2 – Exportação de carne suína por estado – janeiro à dezembro (2014)

Estado	Toneladas
Santa Catarina	182.929
Rio Grande do Sul	149.863
Goiás	47.686
Paraná	45.754
Minas Gerais	42.002
Mato Grosso do Sul	16.651
São Paulo	4.834
Mato Grosso	4.510

Fonte: Associação Brasileira de Proteína Animal (2014)

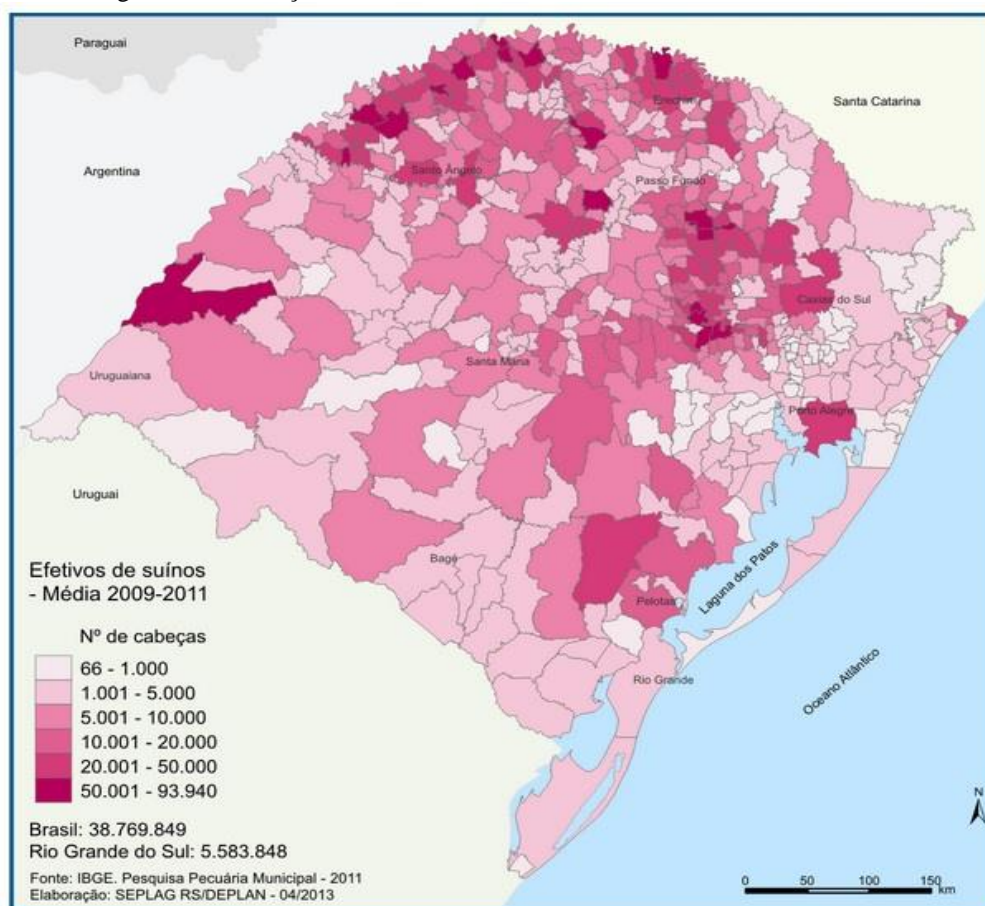
Além da importância econômica para o País, a suinocultura apresenta grande relevância social visto que, segundo Schneider (2007), a atividade apresenta-se como uma das principais alternativas econômicas da pequena propriedade rural, ocorrendo de forma isolada e associada à criação de gado leiteiro, avicultura ou agricultura, sendo capaz de propiciar a fixação do homem no campo, por representar uma possibilidade de geração de rentabilidade e remuneração periódica e não sazonal ao produtor. O clima tropical, a mão de obra de baixo custo, a facilidade de manejo e tratamento dos dejetos em virtude das grandes dimensões territoriais e a grande produção de grãos, como milho e soja, tornam o Brasil um dos países com as melhores condições para aumentar o plantel de suínos.

3.2 ATIVIDADE SUINÍCOLA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Dentre os Estados brasileiros, o Rio Grande do Sul é o segundo maior produtor de suínos, superado apenas pelo Estado de Santa Catarina. No Rio Grande do Sul, a cadeia suinícola possui elevada importância socioeconômica em decorrência da participação do estado nas exportações, facilitando a integração regional e o aumento no valor agregado à carne suína como produto final (SEPLAG, 2013).

No Estado do Rio Grande do Sul, o rebanho suíno encontra-se presente em praticamente todas as regiões, embora mais concentrado nas regiões norte e nordeste, integrado à proximidade das indústrias de beneficiamento (SEPLAG, 2013), conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2-Distribuição da atividade suinícola no Estado do Rio Grande do Sul



Fonte: SEPLAG (2013)

O crescimento da produção animal nos últimos anos decorre das mudanças e modernização dos sistemas utilizados, que incluíram o modelo de produção animal industrial e o sistema de integração vertical. Como características do modelo de produção animal industrial, destacam-se: alta taxa de conversão alimentar, alta taxa de concentração de animais, alta mecanização e pouca mão de obra. No processo de integração vertical, os pequenos produtores são contratados por grandes fornecedores e/ou processadores, por meio da integração total, na qual todas as unidades de uma cadeia produtiva passam a ser controladas por uma única empresa (HSI, 2011).

De acordo com Schneider *et al.* (2007), a evolução tecnológica da suinocultura para a criação intensiva e confinada possibilitou a segmentação da atividade de acordo com fases de criação, tornando-se mais especializada. A criação de suínos se dá principalmente no sistema de confinamento, com separação em seis tipos de produção, conforme apresentado no Quadro 1. A maioria dos criadores de suínos é integrada a uma

empresa e atua em um determinado tipo de produção, os quais exigem mão-de-obra e instalações específicas (IPEA, 2012).

Quadro 1- Especificações das unidades produtivas de suínos

Fase de criação	Especificação
Unidade de Produção de Leitões (UPL) com creche	A unidade executa a fase reprodutiva da atividade, onde o criador realiza todo o manejo do rebanho.
UPL sem creche	O criador tem as mesmas atribuições da UPL com creche, porém não desenvolve a etapa de creche.
Creche	Os leitões desmamados são separados em lotes uniformizados por peso e sexados, permanecendo em baias e ambientes controlados até alcançar o peso entre 20 e 27 kg.
Ciclo completo	O produtor realiza todo o ciclo de produção desde a parte reprodutiva do rebanho, creche até a terminação dos leitões.
Terminação	O criador recebe o leitão com aproximadamente 20 e 27 kg e alimenta o rebanho até o peso de abate (100 – 110 kg).
Unidade produtora de sêmen	Nestas unidades, tem-se a criação dos machos adultos selecionados permanecendo até o final da vida útil reprodutiva fornecendo sêmen usado para a inseminação artificial.
Unidade produtora de fêmeas e machos	As fêmeas jovens, com genética e origem conhecidas, são criadas até o processo de seleção final e destinadas para a reprodução como multiplicadoras ou, então descartadas para o abate. Os machos são selecionados e testados os desempenhos individuais de produtividade e encaminhados para a reprodução ou para as centrais de produção de sêmen.

Fonte: Schneider *et al.*(2007)

Conforme observado no Quadro I, após o confinamento, ao atingir em torno de 100 a 110 kg, os suínos são encaminhados para o abatedouro.

3.3 USOS DA ÁGUA NA CADEIA PRODUTIVA DA SUINOCULTURA

Em geral, a água utilizada na atividade pecuária tem origem em fontes naturais ou poços, não sendo utilizada água diretamente dos rios, por apresentarem menor qualidade e riscos sanitários (OLIVEIRA, 2009). Segundo Oliveira (2012), o elevado

consumo de água nas regiões de produção intensiva, sem a gestão adequada, vem reduzindo a disponibilidade de água, principalmente nas fontes mais superficiais.

Na atividade suinícola, a água tem importância vital desde a produção de milho e soja, destinados à alimentação animal, dessedentação, limpeza e higienização das áreas de criação até o processo de abate e beneficiamento da carne. Segundo Oliveira (2002), na atividade de suinocultura, a quantidade de água não consumida ou desperdiçada pode ser igual e até maior do que a efetivamente consumida pelos animais. O consumo diário de água é difícil de ser estabelecido, uma vez que, além da quantidade diária necessária à sobrevivência dos animais, outros usos também devem ser considerados como, por exemplo, higiene de instalações e equipamentos, banheiros, vestiários e aspersores. O consumo também varia com a dieta, regime de alimentação, com a temperatura ambiente, entre outros.

O cálculo da demanda hídrica para dessedentação animal pode ser estimado através da metodologia proposta por Bodman (1994) *apud* Perdomo (2001), na qual se considera o número total de animais em cada fase de criação e multiplica-se por um consumo diário médio de água, obtendo, assim, o consumo total por animal por dia. A demanda de água para limpeza e higienização das áreas de criação, segundo Oliveira (2004), pode ser considerada de 2 a 6 L dia⁻¹ para animais em terminação.

Para calcular a quantidade de água necessária para a produção das *commodities* (milho e soja) destinadas à alimentação dos suínos, é necessário considerar a evapotranspiração das culturas, cujo valor pode variar de região para região, visto que o clima e a latitude são variáveis utilizadas para o cálculo da mesma. No processo de abate dos suínos, a água é utilizada no beneficiamento da carne e também no processamento de derivados. De acordo com Dias (1999), são consumidos entre 300 e 500 litros de água animal dia⁻¹ para o abate de suínos.

3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

O termo “indicador” é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Os indicadores comunicam ou informam sobre o progresso em direção a um determinado objetivo como, por exemplo, o desenvolvimento sustentável. Podem ainda ser entendidos como recursos que deixam mais perceptíveis

uma tendência ou fenômeno, que não seja imediatamente detectável (HAMMOND *et al.*,1995).

Indicadores e índices de sustentabilidade fornecem um resultado numérico, uma dimensão métrica para que se avaliem informações específicas sobre as dimensões econômica, ambiental e social, do desenvolvimento sustentável, permitindo assim conhecer certa realidade, contribuindo para o processo de tomada de decisão. Essas informações são obtidas através do uso de uma ferramenta de gestão (BÖHRINGER E JOCHEM, 2007). A diferença entre indicador e índice, segundo Hammond *et al.* (1995), é que indicadores são informações que se originam de dados primários e analisados ao passo que o índice consiste em um simples número, gerado da agregação de dois ou mais valores, podendo esses valores ser os próprios indicadores.

Segundo Gallopin (1996), os indicadores mais desejados são aqueles que resumam ou simplifiquem as informações relevantes, façam com que certos fenômenos que ocorrem na realidade se tornem mais aparentes; aspecto esse que é particularmente importante na gestão ambiental. Nessa área, especificamente, é necessário que sejam quantificadas, mensuradas e comunicadas as ações relevantes.

Entre os indicadores focados no grau de pressão sobre os recursos, dois bem diferentes adquiriram grande visibilidade: a Poupança Líquida Ajustada (*Adjusted Net Savings* – ANS na sigla em inglês) e a Pegada Ecológica (*Ecological Footprint*) (WORLD BANK, 2006). A pegada ecológica é um indicador de sustentabilidade desenvolvido e introduzido no início da década de 90 que permite estimar os recursos naturais necessários para sustentar a população.

Aproximadamente uma década após o desenvolvimento do indicador da pegada ecológica, um instrumento similar foi desenvolvido. A pegada hídrica, segundo Hoeskstra *et al.* (2011) permite estimar a apropriação dos recursos de água doce do planeta, fornecendo um indicador que inclui o uso direto ou indireto da água por um consumidor ou produtor. Segundo Ferreira (2012), a pegada ecológica quantifica a área necessária para sustentar um determinado estilo de vida de pessoas, enquanto a pegada hídrica estima a água necessária (m^3ano^{-1}) para manter um indivíduo, comunidade ou empresa, bem como para produzir bens e serviços, procurando mostrar as relações implícitas entre o consumo humano e o uso da água e ainda entre o comércio global e a gestão dos recursos hídricos. Ambas as metodologias traduzem o consumo humano e a utilização de recursos naturais.

3.5 PEGADA HÍDRICA

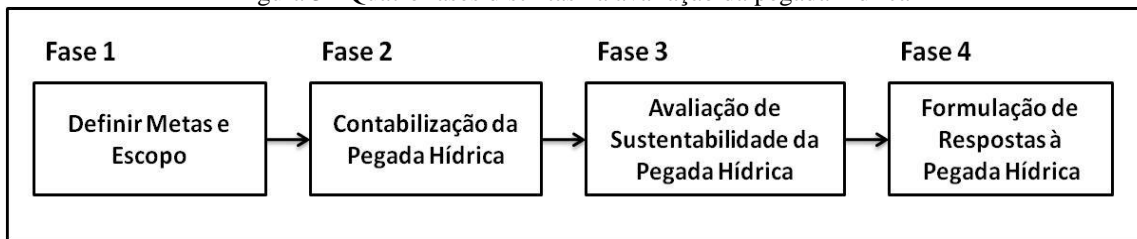
As atividades humanas consomem e poluem uma grande quantidade de água. Em uma escala global, a maior parte do uso da água ocorre na produção agrícola, mas há também volumes substanciais de água consumida e poluída pelos setores industriais e domésticos (WWAP, 2009). De acordo com Drastig *et al.* (2010), durante os últimos 20 anos, os pesquisadores desenvolveram métricas para ajudar a caracterizar, mapear e acompanhar as questões ambientais no planeta. Os estudos têm destacado a incompatibilidade entre a disponibilidade hídrica e a demanda de água.

Neste contexto, a pegada hídrica surge como um indicador abrangente do uso da água que permite avaliar qual é o consumo de água utilizado, direta ou indiretamente, para produzir um determinado produto ao longo de toda a cadeia produtiva. Segundo Hoekstra *et al.* (2011), a pegada hídrica é um indicador multidimensional, que mostra os volumes de consumo de água por fonte e os volumes de poluição pelo tipo de poluição; todas as componentes de uma pegada hídrica total são especificadas geográfica e temporalmente.

Segundo Gerbens-Leenes & Hoekstra (2012), a pegada hídrica é uma medida volumétrica que mostra o consumo de água doce no tempo e no espaço, fornecendo informações sobre como o recurso é alocado para diferentes fins. De acordo com Hoekstra *et al.* (2011), a avaliação da pegada hídrica é uma ferramenta analítica que pode auxiliar na compreensão sobre como atividades e produtos interagem com a escassez e a poluição da água e seus impactos relacionados e o que pode ser feito para assegurar que atividades e produtos não contribuam para o uso não sustentável dos recursos hídricos.

Palhares (2011) cita que a utilização da metodologia de cálculo da pegada hídrica propicia a visualização quantitativa dos fluxos hídricos inerentes à produção. Com isto, ações mitigatórias podem ser delineadas a fim de dar maior eficiência a esses fluxos. Conforme exposto por Hoekstra *et al.* (2011), uma avaliação completa de pegada hídrica consiste em quatro fases distintas, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Quatro fases distintas na avaliação da pegada hídrica



Fonte: Hoekstra *et al.* (2011)

De acordo com Empinotti *et al.* (2013), a fase do diagnóstico compreende a definição do escopo e da escala de análise da pegada hídrica. A seguir, se inicia a contabilização da água por meio do cálculo da pegada hídrica, que considera a pegada hídrica azul, a pegada hídrica verde e a pegada hídrica cinza. A fase posterior à contabilização é a da avaliação da sustentabilidade, onde a pegada hídrica é avaliada tanto por uma perspectiva ambiental como social e econômica. Esse exercício abre espaço para discussões que têm por objetivo definir as práticas mais adequadas para garantir a disponibilidade hídrica da região. Posteriormente, poderão ser estabelecidas ações, estratégias, planos ou políticas para soluções em relação aos resultados da pegada hídrica.

Hoekstra *et al.* (2011) classifica a água em três tipos para padronizar a metodologia de cálculo:

- **Água Verde:** água precipitada sobre a terra que não escoou ou recarrega os aquíferos, mas é armazenada no solo ou temporariamente sobre o solo ou a vegetação.
- **Água Azul:** água superficial e subterrânea, isto é, a água em lagos, rios e aquíferos.
- **Água Cinza:** volume de água necessário para diluir os poluentes de modo que a qualidade da água em seu estado natural seja mantida acima dos padrões mínimos de qualidade da água aceitáveis.

A pegada hídrica de um produto é semelhante ao que se chama em outras publicações de conteúdo de “água virtual” do produto, água embutida, incorporada, exógena ou oculta do produto (HOEKSTRA *et al.*, 2008). De acordo com Hoekstra *et al.* (2011), os termos “conteúdo de água virtual” e “água incorporada” no entanto, referem-se ao volume de água incorporado no produto em si, enquanto o termo “pegada hídrica” se refere não somente ao volume, mas também ao tipo de água que foi utilizada (verde, azul, cinza), bem como, quando e onde. Portanto, a pegada hídrica de um produto é um

indicador multidimensional, enquanto o “conteúdo de água virtual” ou a “água incorporada” refere-se somente ao volume.

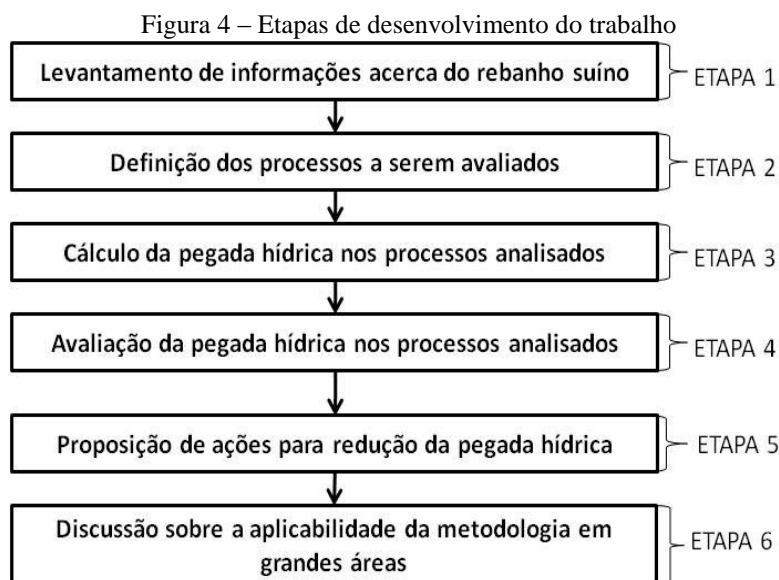
Carmo *et al.* (2007) citam que a água virtual diz respeito ao comércio indireto da água que está embutida em certos produtos, especialmente nas *commodities* agrícolas, enquanto matéria prima intrínseca desses produtos. Ou seja, toda água envolvida no processo produtivo de qualquer bem industrial ou agrícola passa a ser denominada água virtual. Se um país exporta um produto que consome muita água, ele exporta água na forma “virtual”. Embora não esteja tecnicamente negociando ou vendendo água, esse “comércio” diminui a quantidade de água consumida no país importador.

De acordo com Mendonça *et al.* (2013), o Brasil tem a maior fonte acessível de águas verde e azul do mundo e se figura como um importante exportador de água virtual. Segundo Allan (2011), muitas nações dependerão do uso da água no Brasil para garantir a segurança alimentar, uma vez que a necessidade destas seguramente ultrapassará a disponibilidade hídrica de suas próprias regiões. Conforme exposto no subcapítulo 3.1, o Brasil é um dos maiores produtores de carne do mundo e este comércio apresenta um importante fluxo de água virtual em nível nacional e internacional, em virtude do uso de água na produção pecuária.

Para alguns pesquisadores, os resultados da pegada hídrica deveriam apontar para uma revisão locacional de atividades produtivas, direcionando aquelas de uso mais intensivo para regiões de maior disponibilidade de água e vice-versa (HOEKSTRA; HUNG, 2005). Neste contexto, Empinotti (2013) cita que estas práticas garantiriam a segurança hídrica das regiões, uma vez que os produtos seriam produzidos em áreas onde não ocorre escassez. Nesta perspectiva, as práticas de comércio exterior seriam impactadas, uma vez que a compra e a venda de produtos estariam atreladas à disponibilidade hídrica dos países de origem da produção.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos, bem como as etapas que os contemplam, foram definidos com vistas ao atendimento dos objetivos estabelecidos no Capítulo 2 e divididos em seis etapas, conforme apresentado na Figura 4.



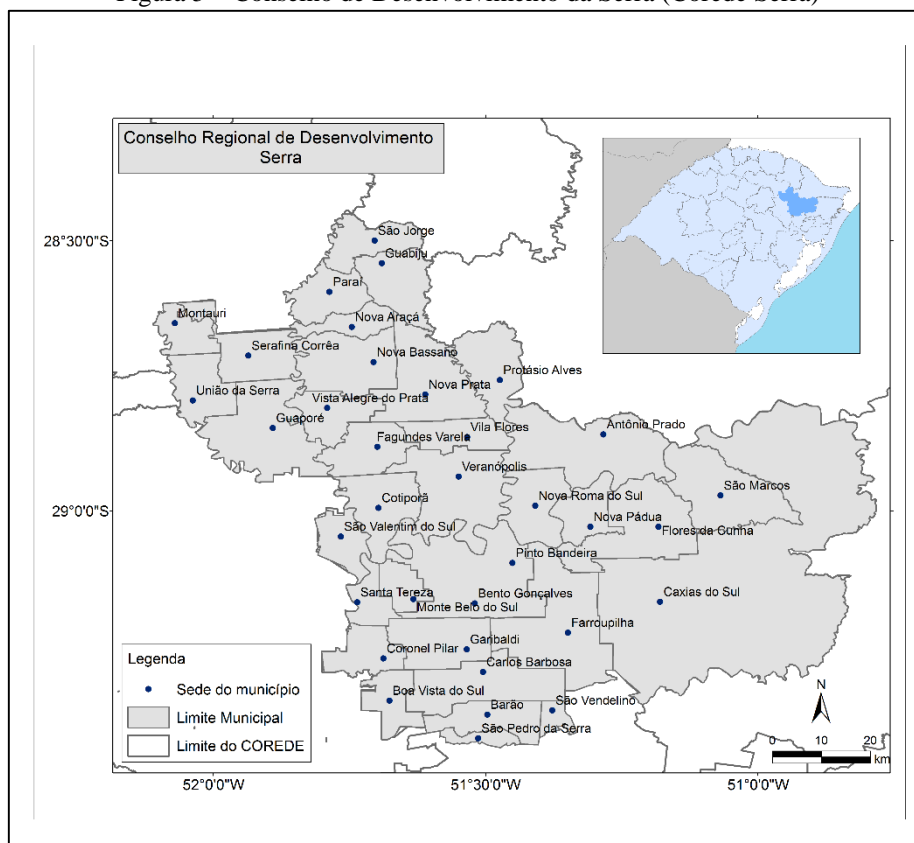
A metodologia adotada para realização das etapas apresentadas na Figura 4 é descrita a seguir.

4.1 LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES ACERCA DO REBANHO SUÍNO

A unidade de referência definida para a realização deste estudo é a região do Conselho de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra), composta por trinta e um municípios localizados na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. A presença de propriedades rurais de pequeno porte onde predomina a agricultura familiar, participação significativa da agropecuária na economia da região e a localização da quase totalidade dos municípios sobre a mesma bacia hidrográfica, são características que tornam a região do Corede Serra como unidade de referência ideal para a realização deste trabalho.

A Figura 5 apresenta a distribuição dos municípios que compõem o Corede Serra e a localização da região em relação ao Estado do Rio Grande do Sul.

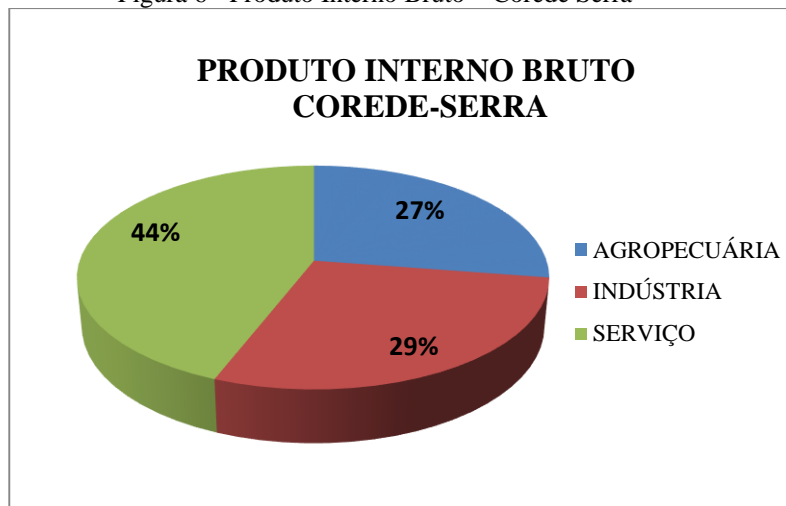
Figura 5 – Conselho de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra)



Fonte: ISAM (2015) - elaborado por Geise Macedo dos Santos

A Figura 6 apresenta a distribuição econômica dos municípios que compõem a região do Corede Serra em função das atividades desenvolvidas.

Figura 6 - Produto Interno Bruto – Corede Serra

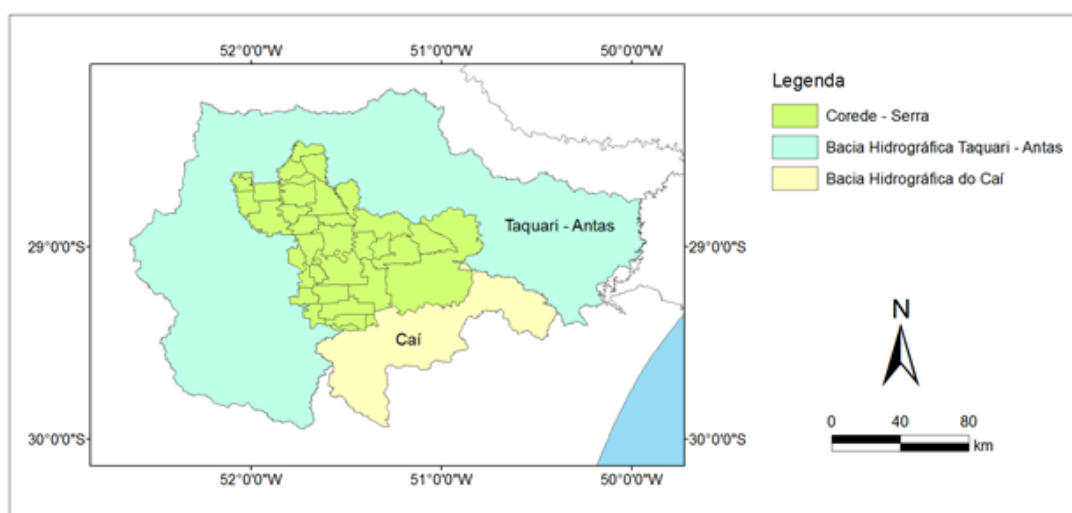


Fonte: Adaptado de FAMURS (2008)

Conforme exposto na Figura 6, a atividade agropecuária apresenta uma representatividade significativa na região, ficando próxima a participação da atividade industrial na economia. Conforme citado o subcapítulo 3.1, a Região Sul do Brasil é responsável por 66% do abate de suínos no Brasil.

Com uma população de 890.303 habitantes e abrangendo uma área de 6.947,5 km² (FEE, 2013), a quase totalidade do território do Corede Serra insere-se na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, a qual drena, de acordo com Ferri (2012), uma área de 26.415,45 km². A Figura 7 apresenta a localização do Corede Serra em relação a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e a Bacia Hidrográfica do Caí.

Figura 7 - Localização do Corede Serra em relação às Bacias Hidrográficas Taquari-Antas e Caí



Fonte: ISAM (2015) - Elaborado por Geise Macedo dos Santos

O levantamento das informações acerca dos suínos abatidos no Corede Serra, no ano de 2014, foi realizado junto à Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul (SEAPA), visto que estas informações não estão disponíveis em banco de dados livre. A partir de uma planilha disponibilizada pela SEAPA, contendo todos os suínos abatidos no ano de 2014 no Estado do Rio Grande do Sul, com informações da origem dos animais e o abatedouro para o qual os suínos foram destinados, foram extraídas as informações referentes aos municípios do Corede Serra.

O tempo de permanência dos suínos nas diferentes fases de criação foi determinado com base nas informações propostas por Carra (2012), de acordo com a Tabela 3

Tabela 3- Fases de criação dos suínos, pesos e tempos de permanência

Fase de criação	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Tempo de permanência (dias)
Leitões em lactação	1,86	7,73	27
Leitões em creche	7,73	31,58	43
Leitões em terminação	31,58	110,99	93

Fonte: Carra (2012)

Conforme observado na Tabela 3, o tempo de permanência total dos suínos, da lactação até a terminação, é de 163 dias, totalizando um número de ciclos aproximado de 2,2 ciclos por ano.

4.2 DEFINIÇÃO DOS PROCESSOS A SEREM AVALIADOS

Para realizar o cálculo da pegada hídrica, foram delimitados dois processos da cadeia suinícola: o cultivo de alimento (milho e soja) e o confinamento dos suínos, cujos usos de água são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Uso da água nos processos analisados

Cultivo do alimento (milho e soja) – processo 1	
Uso indireto da água verde	Água da chuva evapotranspirada pelas culturas de milho e soja
Confinamento dos suínos – processo 2	
Uso direto da água azul	Água destinada a dessedentação animal e utilizada para a limpeza e higienização das áreas de criação
Uso direto da água cinza	Volume de água doce necessário para diluir a carga de poluentes, a partir de concentrações naturais e de padrões de qualidade da água existentes.

Ressalta-se que, para os processos avaliados neste trabalho, foram consideradas as seguintes condições:

- **Abate, distribuição, varejo e consumo:** foi avaliada a pegada hídrica até o final da fase de confinamento, excluídas as etapas de abate e distribuição, visto a complexidade em se obter as informações necessárias;
- **Sistema de criação de suínos:** todos os suínos foram criados em sistema de confinamento, com manejo de dejetos líquidos;

- **Suplementação nutricional:** considerou-se que a alimentação dos suínos é composta apenas por milho e soja não sendo considerados, no cálculo da pegada hídrica, nenhum tipo de suplementação nutricional.
- **Sistemas de irrigação das culturas agrícolas:** foram desconsiderados quaisquer sistema de irrigação para as áreas de cultivo de milho e soja.

4.3 CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA NOS PROCESSOS ANALISADOS

Neste trabalho utilizou-se a metodologia proposta por Chapagain e Hoekstra (2011), onde foram calculadas as pegadas hídricas verde, para o processo de cultivo de grãos (milho e soja), azul e cinza, para o processo de confinamento. Para a realização dos cálculos foram considerados os suínos abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra. A seguir são apresentadas as metodologias acerca dos cálculos aplicados.

4.3.1 Cálculo da pegada hídrica verde

Na Tabela 4 é apresentada a constituição da dieta dos suínos em fase de crescimento e terminação, utilizada como referência para o cálculo da quantidade de milho e farelo de soja consumidos, conforme proposta por Palhares (2011).

Tabela 4– Consumo de ração, milho e farelo de soja durante a fase de crescimento-terminação

Tipo de ração	Consumo de ração (kg suíno⁻¹)	Milho (%)	Consumo de milho (kg suíno⁻¹)	Farelo de soja (%)	Consumo de farelo de soja (kg suíno⁻¹)
Crescimento I	47,20	0,67	31,62	0,28	13,21
Crescimento II	33,00	0,67	22,11	0,28	9,24
Terminação I	74,60	0,66	49,23	0,29	21,63
Terminação II	126,10	0,73	92,05	0,22	27,74
Total	280,90	0,69	195,02	0,26	71,83

Fonte: Palhares (2011)

Considerando o complexo soja, formado por grão, farelo e óleo, o farelo é a única forma que os suínos consomem a soja e, portanto, apenas a água destinada a produção desta fração deve ser contabilizada. De acordo com a FAO (2009) *apud* Palhares (2011), considera-se que, no caso brasileiro, de cada grão produzido, 77% são

farelos e 23% são óleo. Portanto, somente 77% da água consumida na produção da soja foi contabilizada na pegada hídrica.

Para a evapotranspiração durante todo o ciclo da cultura de milho, considerou-se 450 mm ($0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$), o que resulta na necessidade de $4.500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ao passo que, para a cultura de soja, considerou-se uma evapotranspiração de 600 mm ($0,6 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$), resultando na necessidade de água de $6.000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, conforme proposto por Couto e Sans (2002).

Considerando que os suínos abatidos no ano de 2014 foram alimentados com o milho e a soja produzidos no ano de 2013, as informações acerca destas culturas foram extraídas do IBGE Cidades (2013). A partir das informações apresentadas associadas ao rebanho suíno, as áreas colhidas de milho e soja e a quantidade de milho e soja produzidas nos municípios, definiram-se as Equações 1 e 2 para o cálculo da água verde no processo de cultivo de alimentos.

$$PH_{\text{verde/milho}} = ((A_{\text{colhida}} \times E_t)/Q_{\text{prod}}) \times (AB * 0,195) \quad \text{Eq (1)}$$

onde:

$PH_{\text{verde/milho}}$ = pegada hídrica verde do milho do processo 1 ($\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$)

A_{colhida} = área de milho colhida (ha) em 2013

E_t = evapotranspiração da cultura de milho ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)

Q_{prod} = quantidade de milho produzida (t) em 2013

AB = animais abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra

$$PH_{\text{verde/farelo de soja}} = ((A_{\text{colhida}} \times E_t)/Q_{\text{prod}}) \times (AB \times 0,072) \quad \text{Eq (2)}$$

Onde:

$PH_{\text{verde/farelo de soja}}$ = pegada hídrica verde do farelo de soja do processo 1 ($\text{m}^3 \text{ ano}^{-1}$)

A_{colhida} = área de soja colhida (ha) em 2013

E_t = evapotranspiração da cultura de soja ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)

Q_{prod} = quantidade de soja produzida (t) em 2013

AB = animais abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra.

A pegada hídrica verde total foi obtida através da Equação 3, onde são somados os resultados das pegadas hídricas para o cultivo de milho e farelo de soja.

$$PH_{\text{verde total}} = PH_{\text{verde/milho}} + PH_{\text{verde/farelo de soja}} \quad \text{Eq (3)}$$

onde:

$PH_{\text{verde total}}$ = pegada hídrica total para o processo 1 ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$)

$PH_{\text{verde/milho}}$ = pegada hídrica verde do milho do processo 1 ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$)

$PH_{\text{verde/farelo de soja}}$ = pegada hídrica verde do farelo de soja do processo 1 ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$)

Ressalta-se que, para este estudo, considerou-se que a alimentação dos suínos seja proveniente, na sua totalidade, da soja e do milho produzidos na região do Corede Serra. Isso porque a soja e o milho utilizados na alimentação dos suínos não são rastreados pelos órgãos públicos ou entidades do setor, o que não permite saber a origem exata do plantio dos mesmos. A Tabela 5 apresenta as informações utilizadas para calcular o consumo de água pela cultura de milho no Corede Serra.

Tabela 5 - Área plantada e quantidade de milho produzido nos município do Corede Serra

Município	Hectares colhidos de milho (2013)	Redimento (t ha⁻¹)	Quantidade produzida de milho (t)	Consumo de milho pelos suínos (t)
Antônio Prado	2.250	6,0	13.500	3.850
Bento Gonçalves	900	3,5	3.150	12
Boa Vista do Sul	600	4,8	2.880	32
Carlos Barbosa	700	5,4	3.780	4.853
Caxias do Sul	4.500	5,4	24.300	3.332
Coronel Pilar	500	5,0	2.500	1.151
Cotiporã	1.150	6,0	6.900	2.790
Fagundes Varela	2.000	6,5	13.000	1.335
Farroupilha	600	5,4	3.240	595
Flores da Cunha	700	4,5	3.150	508
Garibaldi	340	5,2	1.768	43
Guabiju	750	5,6	4.195	1.872
Guaporé	3.300	7,3	24.090	3.707
Montauri	2.000	7,2	14.400	914
Monte Belo do Sul	290	5,0	1.450	0
Nova Araçá	1.450	6,9	10.005	5.238
Nova Bassano	6.000	7,0	41.700	7.779
Nova Pádua	260	4,0	1.040	111
Nova Prata	2.700	6,6	17.820	10.328
Nova Roma do Sul	1.300	5,7	7.365	3.653
Paraí	4.000	7,1	28.400	11.036
Protásio Alves	525	7,7	4.054	5.461
Santa Tereza	680	4,2	2.856	192

São Jorge	1.750	6,6	11.628	4.306
São Marcos	1.200	5,4	6.461	5
São Valentim do Sul	250	7,2	1.800	1.542
Serafina Corrêa	2.000	6,5	13.000	8.038
União da Serra	3.100	7,2	22.320	6.751
Veranópolis	1.600	6,6	10.560	3.570
Vila Flores	1.100	7,2	7.947	6.429
Vista Alegre do Prata	2.000	6,0	12.000	5.091
Total	50.495	6,0*	321.259	104.527

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações do IBGE (2013)

*Rendimento médio da cultura (t ha⁻¹)

A Tabela 6 apresenta as informações utilizadas para calcular o consumo de água pela cultura de soja, considerando apenas a fração de farelo de soja, no Corede Serra.

Tabela 6 - Informações utilizadas no cálculo do consumo de água pela cultura de soja

Município	Hectares colhidos de soja (2013)	Redimento (t ha ⁻¹)	Quantidade Produzida de soja - somente farelo - (t)	Consumo de farelo de soja pelos suínos (t)
Antônio Prado	-	-	-	-
Bento Gonçalves	-	-	-	-
Boa Vista do Sul	-	-	-	-
Carlos Barbosa	-	-	-	-
Caxias do Sul	-	-	-	-
Coronel Pilar	-	-	-	-
Cotiporã	75	3,6	207,90	443,27
Fagundes Varela	400	3,0	924,00	212,17
Farroupilha	-	-	-	-
Flores da Cunha	-	-	-	-
Garibaldi	-	-	-	-
Guabiju	-	-	-	-
Guaporé	2.000	7,3	11.242,00	589,13
Montauri	2.200	3,5	5.929,00	145,29
Monte Belo do Sul	-	-	-	-
Nova Araçá	500	3,6	1.386,00	832,28
Nova Bassano	1.000	3,7	2.810,50	1.236,18
Nova Pádua	-	-	-	-
Nova Prata	1.300	3,0	3.003,00	1.641,09
Nova Roma do Sul	-	-	-	-
Paraí	800	3,6	2.217,60	1.753,59
Protásio Alves	900	3,0	2.079,00	867,84
Santa Tereza	-	-	-	-
São Jorge	2.450	3,0	5.606,68	684,25
São Marcos	-	-	-	-
São Valentim do Sul	600	3,6	1.663,20	244,97

Serafina Corrêa	2.200	3,6	6.098,40	1.277,31
União da Serra	1.200	3,0	2.772,00	1.072,77
Veranópolis	150	3,0	351,93	567,35
Vila Flores	300	3,6	831,60	1.021,65
Vista Alegre do Prata	300	3,3	762,30	808,94
Total	16.375	3,6*	47.885	13.398,16

Fonte: Elaborado pela autora com base nas informações do IBGE (2013).

*Rendimento médio da cultura (t ha⁻¹)

4.3.2 Cálculo da pegada hídrica azul

Para o cálculo da pegada hídrica azul, referente ao processo de confinamento dos suínos (processo 2), considerou-se apenas os usos diretos de água nas propriedades, sendo eles: dessedentação animal, lavagem e higienização das instalações de criação e quantidade de água incorporada ao animal (produto). Ressalta-se que, para a realização dos cálculos, foram consideradas duas fases de criação dos suínos: crescimento e terminação, visto que o consumo de água é progressivo ao longo do desenvolvimento dos animais.

Portanto, considerar apenas uma fase de criação tornaria o resultado final demasiadamente genérico e distorcido da realidade. No que tange ao tempo de permanência dos suínos em crescimento e terminação, considerou-se 70 dias para a fase de crescimento e 93 dias para a fase de terminação, conforme apresentado na Tabela 3.

De acordo com a metodologia proposta por Perdomo (2001), os suínos em creche consomem em torno de 0,003 m³ dia⁻¹ e os suínos em terminação consomem em torno de 0,007 m³ dia⁻¹. Considerou-se um consumo de água, para fins de lavagem das instalações de criação, de 0,004 m³ animal⁻¹, conforme proposto por Oliveira (2009), sendo que a mesma ocorre somente na desocupação da instalação, ou seja, ao final do ciclo de criação. Portanto considerou-se a lavagem das áreas de criação apenas para os suínos em terminação.

No que tange à quantidade de água incorporada ao animal (produto), utilizada apenas no cálculo para os suínos em terminação, considerou-se uma média de 66% de água por quilo de carne, existente no animal vivo, conforme proposto por NEPA (2011), adição de 4% de água (contida no sangue, glândulas, vísceras e conteúdo estomacal), rendimento de carcaça fria de 74% (PALHARES, 2011) e peso ao abate de 110,99 kg. O cálculo da água azul é apresentado na Equação 4.

$$PH_{\text{azul}} = (C_d * T_p * AB) + (C_1 * AB) + A_p [(AB * 0,1109 * 0,74 * 0,66) + (AB * 0,04)] \quad (\text{Eq 4})$$

onde:

PH_{azul} = Pegada Hídrica Azul ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$);

C_d = consumo de água para dessedentação (L animal^{-1});

T_p = tempo de permanência na fase de criação (70 dias para o crescimento e 93 dias para a terminação);

AB = quantidade de animais abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra;

C_1 = consumo de água de limpeza, $4,0 \text{ L animal}^{-1}$ (OLIVEIRA, 2009) com lavagem somente na desocupação da instalação (após a terminação);

A_p = quantidade de água no produto, considerando-se uma média de 66% de água por quilo de carne (NEPA, 2011), fator de adição de 4% de água (água contida no sangue, glândulas, vísceras e conteúdo estomacal, entre outros), rendimento de carcaça fria de 74% e peso ao abate de 110,99 kg.

4.3.3 Cálculo da pegada hídrica cinza

O cálculo da água cinza é apresentado na Equação 5.

$$PH_{\text{cinza}} = \frac{\alpha \times A_{pl}}{C_{\text{max}}} \quad (\text{Eq 5})$$

Onde:

PH_{cinza} = pegada hídrica cinza do processo 2 ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$)

α = fator fixo, para o fósforo total, sendo $\alpha = 0,11$ (Basso, 2003)

A_{pl} = quantidade de dejetos suíno aplicado, kg P ano^{-1} .

C_{max} = concentração máxima permitida do elemento de acordo com a Resolução Conama n° 357, fósforo total $0,10 \text{ mg L}^{-1}$.

Neste trabalho considerou-se que a concentração natural do corpo hídrico é zero, assumindo que a atividade humana não é conhecida, mas considerada baixa. A concentração de fósforo, de acordo com a Resolução Conama n° 357/05, para a

classificação da água doce como Classe 1, é de 0,10 mg L⁻¹, utilizada no cálculo como concentração máxima permitida.

Foi utilizada a concentração máxima de fósforo para a Classe I, de acordo com a Resolução Conama n° 357/05, em virtude desta ser a classe de águas destinada aos usos mais nobres, caracterizando águas com os melhores padrões de qualidade. Para o enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, de acordo com a Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul n° 121/2012, o parâmetro fósforo não foi considerado visto que o mesmo resultava no enquadramento como classe 4 da quase totalidade das águas da referida bacia hidrográfica.

Ressalta-se que o elemento fósforo foi escolhido para o cálculo da pegada cinza em virtude do processo de eutrofização dos recursos hídricos superficiais, desencadeado pela concentração de nitrogênio e fósforo no corpo hídrico. Para calcular a quantidade de fósforo presente nos dejetos suínos, foi necessário determinar a quantidade de dejetos suínos gerada.

Para esta quantificação, foi utilizada a metodologia proposta por IPEA (2012), onde é estimada a quantidade de dejetos por unidade animal (U.A), levando em consideração o peso inicial do animal, peso final e tempo de permanência no local de criação (Equação 6). Com estes dados, obteve-se uma taxa de crescimento diária, estimando-se assim, a quantidade de dejetos gerados por dia, por peso de animal vivo.

De acordo com a ASAE (2003), a produção média de dejetos suíno é de 0,0084 kg animal dia⁻¹ e a produção média de fósforo é de 0,00018 kg animal dia⁻¹. Ressalta-se que a ASAE (2003) não apresenta divisão de fases de criação os suínos, portanto, o cálculo foi realizado considerando a totalidade do ciclo de vida do animal (163 dias). Com base nestas informações, calculou-se a taxa de crescimento (TC). A partir da taxa de crescimento foi elaborada uma planilha onde foram determinadas a geração de dejetos e a geração de fósforo durante o período de confinamento dos suínos.

$$TC = (\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{tempo de permanência} \quad (\text{Eq 6})$$

onde:

TC = taxa de crescimento (kg dia⁻¹)

Peso final = peso antes do abate

Peso inicial = peso no início do confinamento

Tempo de permanência = tempo de permanência no confinamento

Considerando que os dejetos suínos gerados sejam aplicados no solo como fertilizantes, o que configura uma fonte de poluição difusa, de acordo com Hoekstra *et. al* (2011), é possível que apenas uma fração destes escoe para a água subterrânea ou escoe superficialmente em direção a um curso d'água. Neste caso, a carga de poluente corresponde à fração da quantidade total de substâncias químicas lançadas ou aplicadas ao solo que termina por atingir a água subterrânea ou superficial. Portanto, é prática comum e também recomendada estimar, através de modelos simples ou complexos, a fração de substâncias químicas que atingem os recursos hídricos.

Neste trabalho considerou-se um fator adimensional α , que representa a fração de escoamento do elemento fósforo que atinge os corpos hídricos. O fator adimensional α utilizado foi citado por Basso (2003), que desenvolveu um estudo com as seguintes características: área durante oito anos em plantio direto com Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, com sucessão de culturas: aveia preta/milho/nabo forrageiro, aplicados $40 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ de dejetos suínos líquidos durante dois anos, distribuído a lanço e em superfície antes da semeadura de cada espécie.

4.4 AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA NOS PROCESSOS ANALISADOS

A partir dos cálculos da pegada hídrica nos dois processos determinados, realizou-se uma avaliação sobre os resultados com vistas a verificar em qual dos processos ocorre a maior pegada hídrica e, conseqüentemente, maior demanda por água.

4.5 PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA REDUÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

Com base nos resultados obtidos a partir da quarta etapa dos procedimentos metodológicos, subcapítulo 4.4, foram propostas ações com vistas a redução da pegada hídrica nos processos avaliados, visando a sustentabilidade da atividade suinícola e dos recursos hídricos.

4.6 DISCUSSÃO SOBRE A APLICABILIDADE DA METODOLOGIA EM GRANDES ÁREAS

Após obter os resultados e propor as medidas de redução da pegada hídrica, foi realizada uma discussão sucinta sobre a aplicabilidade da metodologia da pegada hídrica em larga escala. Nesta etapa, foram apresentadas as principais dificuldades encontradas para aplicar a metodologia e os fatores que a torna limitante quando trabalhada em grandes unidades de referência.

5. RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos nas etapas propostas nos procedimentos metodológicos, através de dois subcapítulos. No primeiro subcapítulo é apresentado o artigo “Pegada hídrica dos suínos abatidos na região do Corede Serra/RS– Brasil”, submetido à revista Ambiente & Água que se encontra, no momento, sob avaliação. No Apêndice I é apresentada a tabela com os pesos, geração de dejetos e geração de fósforo por dia, por animal, complementar ao artigo submetido apresentado no subcapítulo 5.1.

No segundo subcapítulo é apresentado o artigo “Pegada hídrica cinza dos suínos abatidos no Corede Serra/RS – Brasil”, submetido à revista Scientia Cum Industria, que também encontra-se, no momento, sob avaliação. No Anexo III são apresentadas outras publicações derivadas do trabalho, ainda que não diretamente relacionados à pegada hídrica, mas que são fruto das primeiras etapas de definição do escopo do trabalho. Compõem este anexo os trabalhos apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Outras publicações derivadas da dissertação.

Meio de divulgação	Título do trabalho	Referência
11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa e VII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa	Saneamento no meio rural: avaliação das atividades suinícolas e impactos na qualidade das água em uma região do estado do Rio Grande do Sul, Brasil	SCHNEIDER, V. E; MENDES, L.; CARRA, S. H. Z. ; BORTOLIN, T. A. Saneamento no meio rural: avaliação das atividades suinícolas e impactos na qualidade das água em uma região do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. In: XI Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 2013, Maputo - Moçambique. 11º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa VII Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. Lisboa - Portugal: APRH - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2013. p. 1-9.

<p>4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente</p>	<p>Desenvolvimento de um sistema de informação em plataforma web para o saneamento rural no COREDE-Serra.</p>	<p>GIORDANI, M.; BIGOLIN, M.; CARRA, S. H. Z.; MENDES, L.; SCHNEIDER, V.; RIBEIRO, H. G.; GRACIOLI, O. D. Desenvolvimento de um sistema de informação em plataforma web para o saneamento rural no COREDE-Serra. In: 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2014, Bento Gonçalves/RS. Anais do 4º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente. Caxias do Sul: EDUCS, 2014. p. 1-8.</p>
<p>4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente</p>	<p>Avaliação do potencial de captação de água pluvial para utilização na atividade suinícola em uma bacia experimental na região do COREDE-Serra, Brasil</p>	<p>DONAZZOLO, I.; CARRA, S. H. Z.; MENDES, L.; SCHNEIDER, V. Avaliação do potencial de captação de água pluvial para utilização na atividade suinícola em uma bacia experimental na região do COREDE-Serra, Brasil. In: 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2014, Bento Gonçalves. Anais do 4º Congresso Internacional de Tecnologia para o Meio Ambiente. Caxias do Sul: EDUCS, 2014. p. 1-6.</p>
<p>PAPEL DOS PARQUES TECNOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - Cap. de livro</p>	<p>Saneamento no meio rural avaliação das atividades suinícolas e seus impactos ambientais na região do Corede-Serra/RS</p>	<p>CARRA, S. H. Z.; MANFREDINI, K. L.; DONAZZOLO, I.; Marcio Bigolin; MENDES, L.; SCHNEIDER, V. E. Saneamento no meio rural avaliação das atividades suinícolas e seus impactos ambientais na região do Corede-Serra/RS. In: Judite Sanson de Bem. (Org.). PAPEL DOS PARQUES TECNOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. 1ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2013, v. , p. 423-432.</p>

5.1 PEGADA HÍDRICA DOS SUÍNOS ABATIDOS NA REGIÃO DO COREDE SERRA/RS– BRASIL

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo calcular a pegada hídrica dos suínos abatidos nos municípios que compõem o Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra), localizado na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, no ano de 2014. A água consumida na produção dos grãos (milho e soja), destinados à alimentação dos animais e a água destinada à dessedentação animal e limpeza das áreas de criação, além da água incorporada aos suínos em crescimento e terminação, foram utilizadas no cálculo da pegada hídrica. A pegada hídrica total dos suínos abatidos foi de $0,19825 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$, na qual o consumo de água para o cultivo de milho e soja foi o mais representativo, 99,6%. O município de Nova Prata ($0,02343 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) apresentou a maior pegada hídrica total, seguida pelos municípios de Paraí ($0,02187 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) e por Serafina Corrêa ($0,01658 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$). Os municípios de São Marcos ($0,000006 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$), Bento Gonçalves ($0,00002 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) e Boa Vista do Sul ($0,00004 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) apresentaram as menores pegadas, resultado da baixa produtividade de milho associada ao rebanho suíno abatido pouco expressivo. A partir desta avaliação indica-se que a gestão dos recursos hídricos associada à cadeia suinícola deve contemplar a produção de grãos, destinados à atividade, além da demanda hídrica destinada ao confinamento.

Palavras-chave: gestão dos recursos hídricos, suinocultura, indicador de consumo de água.

Water Footprint of pigs slaughtered in the northeast region of Rio Grande do Sul State – Brazil

ABSTRACT

This study estimated the water footprint of slaughtered pigs in the municipalities that take part of the Regional Council for the Development of Serra (Corede Serra, in Portuguese), located in the northeast region of Rio Grande do Sul State, in 2014. We estimated the water consumed in grains production (corn and soybeans) which are used for animal feed, the water used for livestock watering and the water applied for cleaning the creation areas than the water incorporated into animals in the phases of growing and finishing, for estimating the water footprint. The total water footprint of slaughtered pigs was 0.19825 km^3 , among which the water consumption for the cultivation of grains was the most representative (99.6%). The municipality of Nova Prata had the highest water footprint of Corede Serra ($0.02343 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$), followed by the municipalities of Paraí ($0.02187 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) and Serafina Corrêa ($0.01658 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$). The municipalities of São Marcos ($0.000006 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$), Bento Gonçalves ($0.00002 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) and Boa Vista do Sul ($0.00004 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$) had the lowest water footprints, resulted of low corn productivity associated with the inexpressive slaughtered hogs. From this assessment it was observed that the management of water resources associated with pig chain should include the production of grains for the activity, as well as the water's demand destined to confinement.

Keywords: water resource management, swine, water consumption indicator.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIEPCS), o Brasil é o terceiro maior produtor e o quarto maior exportador de carne suína, tendo uma produção de cerca de 3,488 milhões de toneladas no ano de 2012, com destaque para a região sul do Brasil, responsável por 61,4% da produção nacional (ABIEPCS, 2012).

A atividade suinícola, assim como as demais atividades pecuárias, é diretamente dependente de recursos naturais. Nesta evidencia-se o elevado consumo de água utilizada para o crescimento das *commodities* destinadas à alimentação dos suínos, dessedentação, higienização das áreas de criação, abate e processamento da carne. A falta de conhecimento acerca do impacto sobre os recursos hídricos na atividade pecuária pode comprometer o crescimento do setor, o que evidencia a necessidade de utilizar metodologias para avaliar o desempenho das atividades agropecuárias de forma a auxiliar os consumidores a optarem por produtos mais sustentáveis.

A avaliação da demanda hídrica é uma forma de geração deste tipo de informação que auxilia na tomada de decisão por produtos de menor impacto no uso da água e da terra (JESWANI et al. 2011; PFISTERET et al., 2011). De acordo com Hoekstra et al. (2011), a avaliação da pegada hídrica é uma ferramenta analítica que pode auxiliar na compreensão sobre como atividades e produtos interagem com a escassez e com a poluição da água e seus impactos relacionados, bem como o que pode ser feito para assegurar que as atividades e produtos contribuam para o uso sustentável dos recursos hídricos.

Hoekstra et al. (2011) classifica a água em três tipos:

- **Água Verde:** água precipitada sobre a terra que não escoou ou recarrega os aquíferos, mas é armazenada no solo ou temporariamente sobre o solo ou a vegetação;
- **Água Azul:** água superficial e subterrânea, isto é, a água em lagos, rios e aquíferos;
- **Água Cinza:** volume de água necessário para diluir os poluentes de modo que a qualidade da água em seu estado natural seja mantida nos padrões legais.

De acordo com Silva et al. (2012), o volume de água doce utilizada para produzir o produto é somado ao longo das várias fases da cadeia de produção, sendo essa a base para a compreensão do conceito de pegada hídrica. Segundo Palhares (2014), o cálculo da pegada hídrica e sua relação com o território geram informações com relevantes impactos sociais, ambientais e econômicos, necessários para implantação dos instrumentos de gestão contidos na Política Nacional de Recursos Hídricos e proporcionam impactos científicos de grande importância, fortalecendo o tema produção animal e recursos hídricos e possibilitando o desenvolvimento de pesquisas nas áreas de eficiência hídrica, tecnologias de tratamento de resíduos, mitigação dos impactos ambientais e zootecnia de precisão.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi calcular as pegadas hídricas verde e azul dos suínos abatidos no ano de 2014 nos municípios que compõem o Conselho Regional de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho considerou-se o número de suínos abatidos no ano de 2014 na região do Corede Serra, conforme informações disponibilizadas pela Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul (SEAPA), para o cálculo da pegada hídrica.

A região do Corede Serra é composta por trinta e um municípios, localizados na região nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (SEPLAG, 2015). A presença de propriedades rurais de pequeno porte onde predominam a agricultura familiar, participação significativa da agropecuária na economia da região, além da localização da quase totalidade dos municípios sobre a mesma bacia hidrográfica, conforme apresentado na Figura 2, são características que tornam a região do Corede Serra uma unidade de referência ideal para a realização deste estudo. A Figura 1 apresenta a distribuição dos municípios que compõem o Corede Serra e a localização da região no Estado do Rio Grande do Sul.

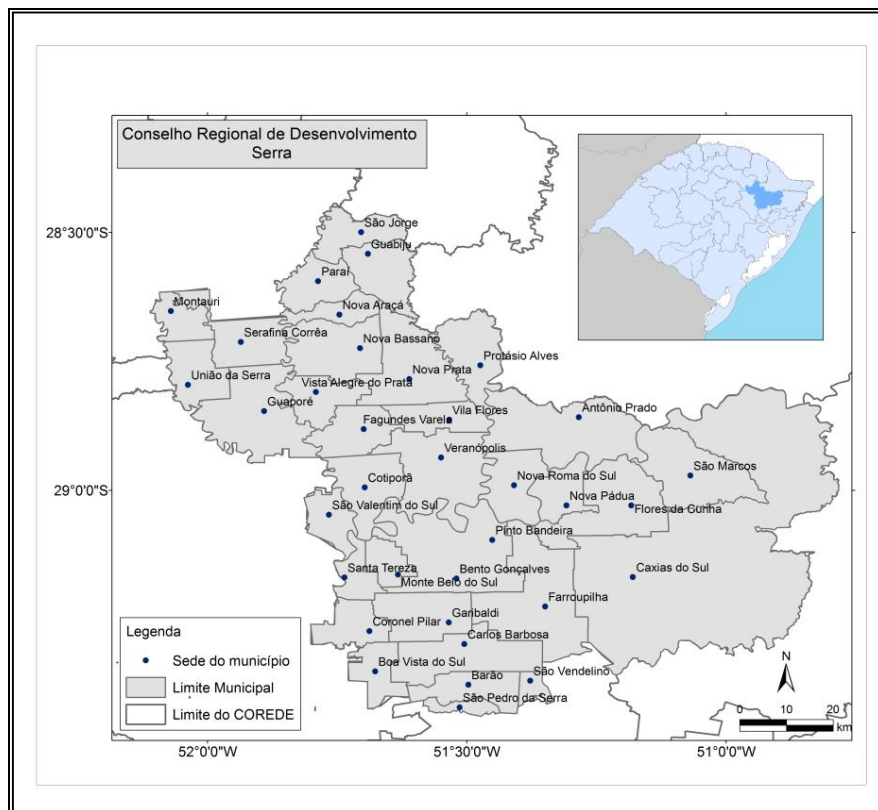


Figura 1. Mapa com a localização e identificação dos municípios que compõem o Conselho de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra).
Fonte: ISAM (2015).

A Figura 2 apresenta a localização do Corede Serra em relação à Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e à Bacia Hidrográfica do Caí.

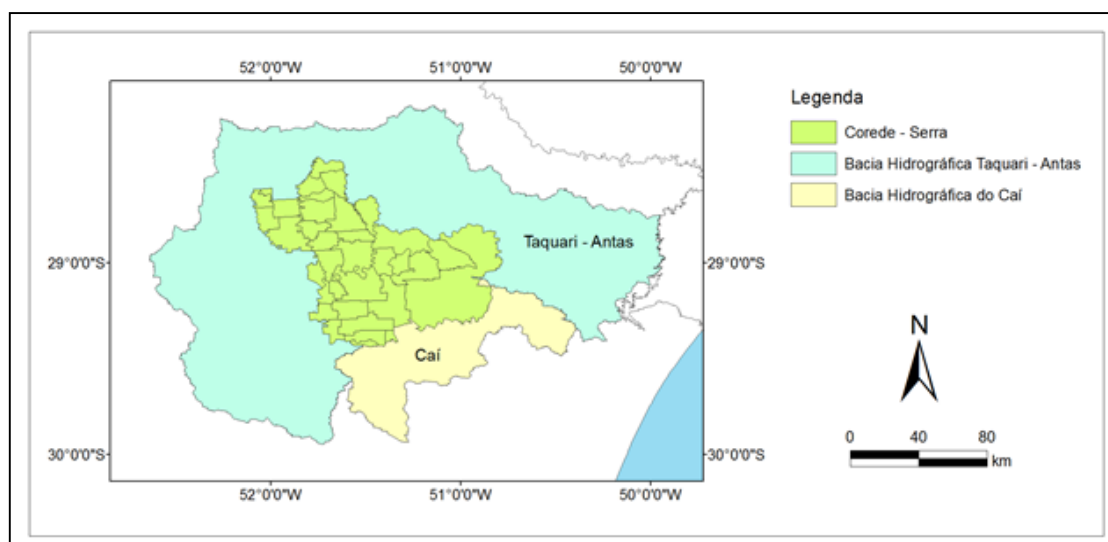


Figura 2. Mapa com a localização do Conselho de Desenvolvimento da Serra em relação às Bacias Hidrográficas Taquari-Antas e Caí.
Fonte: ISAM (2015).

Neste estudo, utilizou-se a metodologia proposta por Chapaing e Hoekstra (2003) para o cálculo da pegada hídrica, considerando-se: a água consumida (evapotranspirada) na produção de grãos (milho e soja), a água destinada à dessedentação e a água utilizada na limpeza das instalações. Ressalta-se que, para a realização dos cálculos, foram consideradas as fases de crescimento e terminação.

Considerou-se 70 dias para a fase de crescimento e 93 dias para a fase de terminação, conforme proposto por Carra (2012). A Tabela 1 apresenta o número de suínos abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra.

Tabela 1. Total de suínos abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra.

Municípios	Suínos abatidos (2014)
Antônio Prado	27.253
Bento Gonçalves	83
Boa Vista do Sul	228
Carlos Barbosa	34.351
Caxias do Sul	23.587
Coronel Pilar	8.150
Cotiporã	19.745
Fagundes Varela	9.451
Farroupilha	4.212
Flores da Cunha	3.598
Garibaldi	304
Guabiju	13.249
Guaporé	26.242
Montauri	6.472
Monte Belo do Sul	0
Nova Araçá	37.073
Nova Bassano	55.064
Nova Pádua	787
Nova Prata	73.100

Nova Roma do Sul	25.858
Paráí	78.111
Protásio Alves	38.657
Santa Tereza	1.361
São Jorge	30.479
São Marcos	37
São Valentim do Sul	10.912
Serafina Corrêa	56.896
União da Serra	47.785
Veranópolis	25.272
Vila Flores	45.508
Vista Alegre do Prata	36.033
Total	739.858

Fonte: SEAPA (2014).

A Tabela 2 apresenta a constituição da dieta dos suínos em crescimento e terminação, utilizada como referência para o cálculo da quantidade de milho e soja consumidos pelos animais, conforme proposto por Palhares (2011).

Tabela 2. Consumo de ração, milho e farelo de soja durante as fases de crescimento e terminação.

Tipo de ração	Consumo de ração (kg suíno ⁻¹)	Consumo de milho (kg suíno ⁻¹)	Consumo de farelo de soja (kg suíno ⁻¹)
Crescimento I	47,20	31,62	13,21
Crescimento II	33,00	22,11	9,24
Terminação I	74,60	49,23	21,63
Terminação II	126,10	92,05	27,74
Total	280,90	195,02	71,83

Fonte: Adaptado de Palhares (2011).

Para o ciclo da cultura de milho considerou-se uma evapotranspiração de 450 mm (0,45 m³m⁻²), o que resulta na necessidade de 4.500 m³ha⁻¹ (Palhares, 2011) e para o ciclo da cultura de soja considerou-se uma evapotranspiração de 600 mm (0,60 m³m⁻²), o que resulta na necessidade de 6.000 m³ha⁻¹ (COUTO e SANS, 2002).

A área total de milho e soja colhidos em cada município, bem como a quantidade produzida destes no ano de 2013 foram extraídas do IBGE (2013), visto que os suínos abatidos no ano de 2014 foram alimentados com as culturas produzidas no ano de 2013. A Tabela 3 apresenta as informações do IBGE (2013).

Tabela 3. Quantidade de milho e soja produzidos nos municípios do Corede Serra.

Município	Área total de colheita de milho (ha)	Quantidade produzida de milho (t)	Área total de colheita de soja (ha)	Quantidade produzida de soja - somente farelo - (t)
Antônio Prado	2.250	13.500	-	-
Bento Gonçalves	900	3.150	-	-
Boa Vista do Sul	600	2.880	-	-
Carlos Barbosa	700	3.780	-	-
Caxias do Sul	4.500	24.300	-	-
Coronel Pilar	500	2.500	-	-

Cotiporã	1.150	6.900	75	207,9
Fagundes Varela	2.000	13.000	400	924,0
Farroupilha	600	3.240	-	-
Flores da Cunha	700	3.150	-	-
Garibaldi	340	1.768	-	-
Guabiju	750	4.195	-	-
Guaporé	3.300	24.090	2.000	11.242,0
Montauri	2.000	14.400	2.200	3.388,0
Monte Belo do Sul	290	1.450	-	-
Nova Araçá	1.450	10.005	500	1.386,0
Nova Bassano	6.000	41.700	1.000	2.810,5
Nova Pádua	260	1.040	-	-
Nova Prata	2.700	17.820	1.300	3.003,0
Nova Roma do Sul	1.300	7.365	-	-
Paraí	4.000	28.400	800	2.217,6
Protásio Alves	525	4.054	900	2.079,0
Santa Tereza	680	2.856	-	-
São Jorge	1.750	11.628	2.450	5.606,6
São Marcos	1.200	6.461	-	-
São Valentim do Sul	250	1.800	600	1.663,2
Serafina Corrêa	2.000	13.000	2.200	6.098,4
União da Serra	3.100	22.320	1.200	2.772,0
Veranópolis	1.600	10.560	150	351,9
Vila Flores	1.100	7.947	300	831,6
Vista Alegre do Prata	2.000	12.000	300	762,3
Total	50.495	321.259	16.375	45.344,1

Fonte: Elaborado pelos autores com base nas informações do IBGE (2013).

De acordo com Palhares (2011), os três principais produtos do denominado complexo soja são: grão, farelo e óleo. Desses, o farelo é a forma que os suínos consomem a soja. Portanto, nem toda a água consumida para a produção dos produtos do complexo soja pode ser contabilizada no cálculo da pegada hídrica, apenas a parcela de água consumida no farelo.

Utilizando-se os índices constantes nos Fatores de Conversão das Commodities Agropecuárias da FAO (FAO, 2009), considera-se que no caso brasileiro, de cada grão produzido, 77% são farelo e 23% são óleo. A partir das informações apresentadas na Tabela 3 foi calculado o consumo de água (m^3t^{-1}) para as culturas de milho e soja a partir da Equação 1:

$$PH_{\text{verde}} = \frac{A_{\text{colhida}} \cdot E_t}{Q_{\text{prod}}} \cdot AB \cdot AL \quad \text{Eq (1)}$$

sendo:

PH_{verde} = Pegada hídrica verde (m^3ano^{-1});

$A_{colhida}$ = área colhida (ha);
 E_t = evapotranspiração da cultura (mm ha^{-1});
 Q_{prod} = quantidade produzida (t);
 AB = animais abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra;
 AL = quantidade de alimento consumido por animal (informações apresentadas na Tabela 2).

A pegada hídrica verde total foi obtida através da Equação 2, na qual são somados os resultados das pegadas hídricas para o cultivo de milho e farelo de soja.

$$PH_{verde\ total} = PH_{verde/milho} + PH_{verde/farelo\ de\ soja} \quad \text{Eq (2)}$$

sendo:

$PH_{verde\ total}$ = pegada hídrica verde total ($\text{m}^3\text{ano}^{-1}$);
 $PH_{verde/milho}$ = pegada hídrica verde do milho ($\text{m}^3\text{ano}^{-1}$);
 $PH_{verde/farelo\ de\ soja}$ = pegada hídrica verde do farelo de soja ($\text{m}^3\text{ano}^{-1}$).

Neste estudo considerou-se que todo o milho e o farelo de soja, destinados à alimentação dos suínos, sejam provenientes das áreas cultivadas nos municípios do Corede Serra, não havendo a necessidade de importação de alimento de outros municípios. Para o cálculo da pegada hídrica azul, referente ao processo de confinamento dos suínos, foram considerados apenas os usos diretos de água nas propriedades, sendo elas: dessedentação animal, lavagem e higienização das instalações de criação e quantidade de água incorporada ao animal (produto).

Considerou-se um consumo de água, para fins de lavagem das instalações de criação de $0,004\ \text{m}^3\text{animal}^{-1}$, conforme proposto por Oliveira (2009), sendo que a mesma ocorre somente na desocupação da instalação, ou seja, ao final da terminação. Portanto, o volume de água para fins de lavagem das áreas de criação foi considerado no cálculo apenas para os suínos em terminação. Para a dessedentação animal considerou-se a metodologia citada por Perdomo (2001), onde os suínos em crescimento consomem em torno de $0,003\ \text{m}^3\text{dia}^{-1}$ e os suínos em terminação consomem em torno de $0,007\ \text{m}^3\text{dia}^{-1}$.

No que tange à quantidade de água incorporada ao animal (produto), utilizada apenas no cálculo para os suínos em fase de terminação, considerou-se uma média de 66% de água por quilo de carne, existente no animal vivo, conforme proposto por NEPA (2011), adição de 4% de água (contida no sangue, glândulas, vísceras e conteúdo estomacal), rendimento de carcaça fria de 74% (PALHARES, 2011) e peso ao abate de 110,99 kg. O cálculo da pegada hídrica azul é apresentado na Equação 3.

$$PH_{azul} = (CD \cdot TP \cdot AB) + (C_1 \cdot AB) + (0,1109 \cdot 0,74 \cdot 0,66 \cdot A_p \cdot AB) + (0,04 \cdot A_p \cdot AB) \quad \text{Eq (3)}$$

sendo:

PH_{azul} = pegada hídrica azul ($\text{m}^3\text{ano}^{-1}$);
 CD = consumo de água para dessedentação ($\text{m}^3\text{animal}^{-1}$);
 TP = tempo de permanência na fase de criação (70 dias para a fase de crescimento e 93 dias para a fase de terminação);
 AB = quantidade de animais abatidos no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra;
 C_1 = consumo de água de limpeza, $0,04\ \text{m}^3\text{animal}^{-1}$ (OLIVEIRA, 2009);
 A_p = quantidade de água no produto, considerando-se uma média de 66% de água por quilo de carne (NEPA, 2011), fator de adição de 4% de água (água contida no sangue,

glândulas, vísceras e conteúdo estomacal, entre outros), rendimento de carcaça fria de 74% -e peso ao abate de 110,99 kg.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado na Tabela 1, foram abatidos 739.858 suínos no Corede Serra no ano de 2014, no qual o município de Paraí apresentou a maior quantidade, com 78.111 animais, seguido por Nova Prata com 73.100 animais. Os municípios que apresentaram os menores números de suínos abatidos foram: São Marcos, com 37 animais e Bento Gonçalves, com 83 animais. O município de Monte Belo do Sul não apresentou nenhum suíno abatido no ano de 2014. A Tabela 4 apresenta a pegada hídrica verde para os suínos abatidos no ano de 2014, no Corede Serra.

Tabela 4. Pegada hídrica verde para os suínos abatidos no ano de 2014 no Corede Serra.

Município	Consumo de água – cultura de milho km ³ ano ⁻¹	Consumo de água – farelo de soja km ³ ano ⁻¹	Consumo de água total km ³ ano ⁻¹
Antônio Prado	0,003986	-	0,00399
Bento Gonçalves	0,000021	-	0,00002
Boa Vista do Sul	0,000042	-	0,00004
Carlos Barbosa	0,005582	-	0,00558
Caxias do Sul	0,003833	-	0,00383
Coronel Pilar	0,00143	-	0,00143
Cotiporã	0,002888	0,00307	0,00596
Fagundes Varela	0,001276	0,00176	0,00304
Farroupilha	0,000684	-	0,00068
Flores da Cunha	0,000702	-	0,0007
Garibaldi	0,000051	-	0,00005
Guabiju	0,002079	-	0,00208
Guaporé	0,003155	0,002012	0,00517
Montauri	0,000789	0,001035	0,00182
Monte Belo do Sul	0	-	0
Nova Araçá	0,004715	0,00576	0,01048
Nova Bassano	0,006953	0,00844	0,0154
Nova Pádua	0,000173	-	0,00017
Nova Prata	0,009719	0,01364	0,02336
Nova Roma do Sul	0,004005	-	0,00401
Paraí	0,009654	0,01214	0,0218
Protásio Alves	0,004393	0,00721	0,0116
Santa Tereza	0,000284	-	0,00028
São Jorge	0,004025	0,00574	0,00976
São Marcos	0,000006	-	0,00001
São Valentim do Sul	0,00133	0,0017	0,00303
Serafina Corrêa	0,007681	0,00884	0,01653
União da Serra	0,005824	0,00891	0,01474

Veranópolis	0,00336	0,00464	0,008
Vila Flores	0,005528	0,0071	0,0126
Vista Alegre do Prata	0,00527	0,00611	0,01138
Total	0,099439	0,0981	0,19754

Fonte: Elaborado pelos autores.

De acordo com a Tabela 4, a pegada hídrica verde para o cultivo de milho corresponde a 50,34% da pegada hídrica verde total, onde o mesmo resultado para o cultivo de soja corresponde a 49,66%. O consumo de água para a produção de milho, considerando os suínos em crescimento resultou em $0,02740 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$ ao passo que na terminação resultou em $0,07204 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$, corroborando em um volume de $0,09944 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$. Para a cultura de soja, o consumo de água, considerando os suínos em crescimento, resultou em $0,03066 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$ e considerando a terminação resultou em $0,06743 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$, corroborando em um volume de pegada hídrica verde de $0,09810 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$. Desta forma, a pegada hídrica verde total resultou em $0,19754 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$, conforme apresentado na Tabela 4.

Ressalta-se que a cultura de soja apresentou produtividade em apenas 16 municípios, o que equivale a 51,61% dos municípios que integram o Corede Serra além de apresentar uma produtividade de farelo de soja 84,09% menor se comparada a cultura de milho. Apesar da cultura de soja apresentar menor produtividade, sua evapotranspiração é 25% superior a evapotranspiração cultura de milho. A cultura de soja não é predominante na Serra Gaúcha, em virtude da falta de tradição e de conhecimento sobre o manejo da cultura, o que pode refletir no resultado da pegada hídrica.

A Tabela 5 apresenta a pegada hídrica azul para os suínos abatidos, ano de 2014, na região do Corede Serra.

Tabela 5. Pegada hídrica azul para o processo de confinamento dos suínos.

Município	Consumo de água na dessedentação ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)	Consumo de água na lavagem ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)	Água embutida no produto ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)	Pegada hídrica azul ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)
Antônio Prado	0,0000235	0,0000001090	0,00000257	0,0000261
Bento Gonçalves	0,0000001	0,0000000003	0,00000001	0,0000001
Boa Vista do Sul	0,0000002	0,0000000009	0,00000002	0,0000002
Carlos Barbosa	0,0000296	0,0000001374	0,00000324	0,0000329
Caxias do Sul	0,0000203	0,0000000943	0,00000222	0,0000226
Coronel Pilar	0,0000070	0,0000000326	0,00000077	0,0000078
Cotiporã	0,0000170	0,0000000790	0,00000186	0,0000189
Fagundes Varela	0,0000081	0,0000000378	0,00000089	0,0000091
Farroupilha	0,0000036	0,0000000168	0,00000040	0,0000040
Flores da Cunha	0,0000031	0,0000000144	0,00000034	0,0000035
Garibaldi	0,0000003	0,0000000012	0,00000003	0,0000003
Guabiju	0,0000114	0,0000000530	0,00000125	0,0000127
Guaporé	0,0000226	0,0000001050	0,00000247	0,0000252
Montauri	0,0000056	0,0000000259	0,00000061	0,0000062
Monte Belo do Sul	0,0000000	0,0000000000	0,00000000	0,0000000
Nova Araçá	0,0000319	0,0000001483	0,00000349	0,0000356
Nova Bassano	0,0000474	0,0000002203	0,00000519	0,0000528

Nova Pádua	0,0000007	0,0000000031	0,00000007	0,0000008
Nova Prata	0,0000629	0,0000002924	0,00000689	0,0000701
Nova Roma do Sul	0,0000223	0,0000001034	0,00000244	0,0000248
Paráí	0,0000673	0,0000003124	0,00000736	0,0000749
Protásio Alves	0,0000333	0,0000001546	0,00000364	0,0000371
Santa Tereza	0,0000012	0,0000000054	0,00000013	0,0000013
São Jorge	0,0000262	0,0000001219	0,00000287	0,0000292
São Marcos	0,0000000	0,0000000001	0,00000000	0,0000000
São Valentim do Sul	0,0000094	0,0000000436	0,00000103	0,0000105
Serafina Corrêa	0,0000490	0,0000002276	0,00000536	0,0000546
União da Serra	0,0000411	0,0000001911	0,00000450	0,0000458
Veranópolis	0,0000218	0,0000001011	0,00000238	0,0000242
Vila Flores	0,0000392	0,0000001820	0,00000429	0,0000437
Vista Alegre do Prata	0,0000310	0,0000001441	0,00000339	0,0000346
Total	0,0006370	0,0000029594	0,00006970	0,0007097

Fonte: Elaborado pelos autores.

O consumo de água para a dessedentação dos suínos na fase de crescimento resultou em $0,000155 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$ ao passo que na fase de terminação resultou em $0,000481 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$, corroborando em um volume de $0,000637 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$. Ressalta-se que o volume de água para lavagem/higienização e embutida no produto foram calculadas apenas para os suínos em terminação. Conforme observado na Tabela 5, a pegada hídrica azul total é de $0,0007097 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$.

A Tabela 6 apresenta o resultado da pegada hídrica para os suínos abatidos em 2014, no Corede Serra.

Tabela 6. Pegada hídrica dos suínos abatidos no ano de 2014 no Corede Serra.

Municípios	Pegada hídrica verde total ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)	Pegada hídrica azul ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)	Pegada hídrica total ($\text{km}^3\text{ano}^{-1}$)
Antônio Prado	0,00399	0,0000261	0,00401
Bento Gonçalves	0,00002	0,0000001	0,00002
Boa Vista do Sul	0,00004	0,0000002	0,00004
Carlos Barbosa	0,00558	0,0000329	0,00562
Caxias do Sul	0,00383	0,0000226	0,00386
Coronel Pilar	0,00143	0,0000078	0,00144
Cotiporã	0,00596	0,0000189	0,00598
Fagundes Varela	0,00304	0,0000091	0,00305
Farroupilha	0,00068	0,0000004	0,00069
Flores da Cunha	0,0007	0,0000035	0,00071
Garibaldi	0,00005	0,0000003	0,00005
Guabiju	0,00208	0,0000127	0,00209
Guaporé	0,00517	0,0000252	0,00519
Montauri	0,00182	0,0000062	0,00183

Monte Belo do Sul	0	0	0
Nova Araçá	0,01048	0,0000356	0,01051
Nova Bassano	0,0154	0,0000528	0,01545
Nova Pádua	0,00017	0,0000008	0,00017
Nova Prata	0,02336	0,0000701	0,02343
Nova Roma do Sul	0,00401	0,0000248	0,00403
Paraí	0,0218	0,0000749	0,02187
Protásio Alves	0,0116	0,0000371	0,01164
Santa Tereza	0,00028	0,0000013	0,00029
São Jorge	0,00976	0,0000292	0,00979
São Marcos	0,00001	0	0,00001
São Valentim do Sul	0,00303	0,0000105	0,00304
Serafina Corrêa	0,01653	0,0000546	0,01658
União da Serra	0,01474	0,0000458	0,01478
Veranópolis	0,008	0,0000242	0,00803
Vila Flores	0,0126	0,0000437	0,01265
Vista Alegre do Prata	0,01138	0,0000346	0,01142
Total	0,19754	0,0007097	0,19825

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme observado na Tabela 6, a pegada hídrica total, considerando a soma das pegadas hídricas verde e azul resultou em 0,19825 km³ano⁻¹. A Tabela 7 apresenta a representatividade percentual das pegadas hídricas verde e azul na pegada hídrica total dos processos analisados.

Tabela 7. Porcentagem que das pegadas hídricas verde e azul na pegada hídrica total.

Municípios	Pegada hídrica verde total (%)	Pegada hídrica azul (%)
Antônio Prado	99,3	0,7
Bento Gonçalves	99,6	0,4
Boa Vista do Sul	99,5	0,5
Carlos Barbosa	99,4	0,6
Caxias do Sul	99,4	0,6
Coronel Pilar	99,5	0,5
Cotiporã	99,7	0,3
Fagundes Varela	99,7	0,3
Farroupilha	99,4	0,6
Flores da Cunha	99,5	0,5
Garibaldi	99,4	0,6
Guabiju	99,4	0,6
Guaporé	99,5	0,5
Montauri	99,7	0,3
Monte Belo do Sul	-	-
Nova Araçá	99,7	0,3
Nova Bassano	99,7	0,3

Nova Pádua	99,6	0,4
Nova Prata	99,7	0,3
Nova Roma do Sul	99,4	0,6
Paraí	99,7	0,3
Protásio Alves	99,7	0,3
Santa Tereza	99,5	0,5
São Jorge	99,7	0,3
São Marcos	99,4	0,6
São Valentim do Sul	99,7	0,3
Serafina Corrêa	99,7	0,3
União da Serra	99,7	0,3
Veranópolis	99,7	0,3
Vila Flores	99,7	0,3
Vista Alegre do Prata	99,7	0,3
Total	99,6	0,4

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme observado na Tabela 7, a pegada hídrica verde é a mais significativa, correspondendo a 99,6% do total, enquanto a pegada hídrica azul correspondeu por apenas 0,4%. Observa-se que o maior consumo de água, considerando a alimentação dos suínos e o seu confinamento, está na produção das culturas de milho e soja, que são base para a alimentação dos animais. Já a água destinada à dessedentação, limpeza e aquela contida no produto, por este indicador, apresentaram uma relativa baixa representatividade.

Quanto aos municípios, observa-se nas tabelas que Nova Prata apresentou a maior pegada hídrica total ($0,02343 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$), seguida por Paraí ($0,02187 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$) e por Serafina Corrêa ($0,01658 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$). Juntos, esses municípios foram responsáveis por um total de 28,12% dos suínos abatidos no ano de 2014 no Corede Serra. No que tange ao cultivo de milho e soja, estes municípios apresentaram uma área colhida duas vezes maior para a cultura de milho se comparada a área colhida de soja, com uma produtividade de milho 50,74% maior do que a da soja (t ha^{-1}).

Os municípios de São Marcos ($0,000006 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$), Bento Gonçalves ($0,00002 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$) e Boa Vista do Sul ($0,00004 \text{ km}^3$) apresentaram as menores pegadas. Os três municípios representam 0,047% do total de abates do Corede Serra no ano de 2014. Apesar de estes municípios apresentarem uma área colhida de milho (ha) próxima ou abaixo da média, se comparado aos demais municípios, e uma produtividade (t ha^{-1}) acima da média, se comparado aos demais municípios do Corede Serra, associado ao fato de não serem produtores de soja, a pegada hídrica total não resultou com um alto valor, em virtude do inexpressivo número de animais abatidos.

De acordo com um trabalho publicado por Palhares (2011), onde foi calculada a pegada hídrica dos suínos abatidos no ano de 2008 na região Centro-Sul do Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul, com 6.863.059 suínos abatidos, apresentou uma pegada hídrica verde de $2,6967 \text{ km}^3\text{ano}^{-1}$. No mesmo trabalho obteve-se uma pegada hídrica para a cultura de milho de 58,30% e para a cultura de soja de 41,70% sobre o resultado da pegada hídrica verde total.

Na avaliação sobre o Corede Serra, realizada neste trabalho, a pegada hídrica verde da cultura de soja correspondeu a 49,66% sobre o valor da pegada hídrica verde total, ao passo que a pegada hídrica verde da cultura de milho correspondeu a 50,34%.

4. CONCLUSÃO

Sabendo que a atividade pecuária e, em especial, a atividade suinícola apresenta significativo valor econômico na região, com destaque para os municípios que apresentaram as maiores pegadas hídricas totais, este indicador expressa a necessidade de realizar a gestão dos recursos hídricos de forma prioritária evitando, assim, o risco de não haver demanda de água suficiente para manter a atividade suinícola. Este indicador poderá ser utilizado pelas empresas integradoras no planejamento da expansão das atividades suinícolas com vistas a garantir a demanda de água para a realização da mesma.

Para reduzir a pegada hídrica verde é necessário aumentar a produtividade de milho e soja, visto que baixas produtividades elevam o seu valor, em virtude da menor eficiência hídrica. Com vistas a promover o aumento da produtividade das culturas e, respectivamente, a redução da pegada hídrica, é necessário investir em tecnologias associadas a políticas públicas que incentivem o aumento da produtividade. Todavia cabe ressaltar a necessidade de se promover o aumento da produtividade sem causar impactos ao meio ambiente, através do uso excessivo de fertilizantes e semelhantes.

Apesar da pegada hídrica azul ter apresentado um valor bem inferior (0,36%), esse resultado não descaracteriza a sua importância frente a gestão dos recursos hídricos na unidade de referência. Isso porque a criação de suínos é uma atividade realizada, na sua quase totalidade, de forma intensiva, estando concentrada em determinadas regiões, o que torna a água destinada à dessedentação e à limpeza das áreas de criação, uma ameaça à segurança hídrica das regiões.

Em virtude da dificuldade de se obter informações fidedignas para a realização dos cálculos, tendo em vista diferenças das condições ambientais entre os municípios, variação entre os sistemas produtivos e a ausência de dados consistentes, ressalta-se que os resultados deste trabalho expressam tendências e não valores absolutos.

5. AGRADECIMENTOS

Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul;

Secretaria de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul;

Escritório Regional da EMATER de Caxias do Sul;

Dr. Julio César Palhares – Pesquisador da EMBRAPA Pecuária Sudeste;

Dr. Juliano Gimenez – Professor da Universidade de Caxias do Sul;

Geise Macedo dos Santos – Monitora de pesquisa do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul.

6. REFERÊNCIAS

ABIPECS - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Relatório anual ABIPECS 2012-2013**, São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECSrelatorio2012pt.pdf>>. Acesso em: 01 fevereiro 2015.

CARRA, S. H. Z. **Projeto de melhorias em uma propriedade suinícola de pequeno porte visando um modelo ideal**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul/RS, 2012.

CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y. **Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products**. Netherlands: Unesco-IHE, 2003. 45p.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Requerimento de água das culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Circular Técnico nº20).

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Livestock Report – 2006**. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0255e/a0255e.pdf>>. Acesso em: 10 dezembro 2014.

FEE. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ESTATÍSTICA. **Informação Corede Serra, 2013**. Disponível em: <<http://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=Serra>>. Acesso em: 20 abril 2015.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAINS, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: estabelecendo o padrão global**. São Paulo, 2011.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades – produção agrícola municipal (lavoura temporária)**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=43&search=rio-grande-do-sul>>. Acessado em: 24 nov. 2014.

ISAM – INSTITUTO DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. **Mapas** - Elaborados por Geise Macedo dos Santos. Caxias do Sul, 2015.

JESWANI, H. K.; AZAPAGIC, A. Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use. **Journal of Cleaner Production**, v.19, p.1288-1299, 2011.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos versão 2011**. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em: 16 Abril 2015.

OLIVEIRA, P. A.; BELLAVER, C. Balanço da água nas cadeias de aves e suínos. **Agricultura Industrial**, v. 10, p.39-44, 2009.

PALHARES, J. C. P. Pegada Hídrica de Suínos Abatidos nos Estados da Região Centro-Sul do Brasil. **Revista Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 309-314, 2011.

PALHARES, J. C. P. Pegada Hídrica de Suínos e o Impacto de Estratégias Nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 5, p. 533-538, 2014.

PERDOMO, C. C; et al. Produção de Suínos e Meio Ambiente. In: Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, 2001, Gramado/RS. p. 8-24.

SEAPA – SECRETARIA ESTADUAL DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. **Informações sobre os suínos abatidos no ano de 2014 nos municípios que compõem o Corede Serra.** Caxias do Sul, 2015.

SEPLAG – SECRETARIA DO PLANEJAMENTO, GESTÃO E PARTICIPAÇÃO CIDADÃ. **Informações do Corede Serra.** Disponível em: <http://www.sri.rs.gov.br/coredes.asp?cod_corede=16>. Acesso em: 14 maio 2015.

SILVA, V. P. R. et al. Uma medida de sustentabilidade ambiental: pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 100-105, 2013.

5.2

Pegada hídrica cinza dos suínos abatidos no Corede Serra/RS - Brasil

Resumo

A atividade suinícola, assim como as demais atividades pecuárias, é diretamente dependente de recursos naturais e, portanto, a falta de conhecimento acerca do impacto sobre os recursos hídricos na atividade pecuária pode comprometer o crescimento do setor. Neste contexto, a pegada hídrica surge como um indicador abrangente do uso da água que permite avaliar qual é o consumo utilizado, direta ou indiretamente, para produzir um determinado produto ao longo de toda a cadeia produtiva. Neste contexto este trabalho teve por objetivo avaliar a pegada hídrica cinza para os suínos abatidos no ano de 2014, no Corede Serra/RS, no processo de confinamento. A pegada hídrica cinza no Corede Serra foi de 134.583.376 m³, o que corresponde a 0,1346 km³. Os municípios de Parai (0,0142 km³), Nova Prata (0,0133 km³) e Serafina Correa (0,0103 km³) apresentaram as maiores pegadas a passo que os municípios de São Marcos (0,00001 km³) e Bento Gonçalves (0,00002 km³) apresentaram as menores pegadas. Em virtude da quantidade de fósforo nos dejetos suínos ter apresentado um valor significativo (1,65 kg animal ano⁻¹), quando avaliada sob o número total de animais abatidos em cada município e considerando a concentração de fósforo prevista na Resolução Conama n° 357/05, observa-se a demanda de um grande volume de água para assimilação da carga de fósforo. A pegada hídrica cinza pode ser reduzida através do uso de tecnologias mais eficientes de tratamento dos dejetos suínos, de forma que o fósforo seja removido ou reduzido a baixas concentrações.

Palavras-chave

suinocultura, pegada hídrica, gestão dos recursos hídricos

Gray water footprint of pigs slaughtered in Corede Serra/RS - Brazil

Abstract

The pig activity, as well as other livestock activities, is directly dependent on natural resources and therefore the lack of knowledge about the impact on water resources in the cattle industry could compromise the sector's growth. In this context, the water footprint comes as a comprehensive indicator of water use that evaluates which is the fuel used, directly or indirectly, to produce a particular product throughout the supply chain. In this context, this study aimed to evaluate the gray water footprint for pigs slaughtered in 2014 in Corede Serra/RS, in the confinement process. The gray water footprint in Corede Serra was 134.583.376 m³, which corresponds to 0.1346 km³. The municipalities of Parai (0.0142 km³), Nova Prata (0.0133 km³) and Serafina Correa (0.0103 km³) showed the largest footprints while the municipalities of São Marcos (0.00001 km³) and Bento Gonçalves (0.00002 km³) presented the smallest footprints. Because of the concentration of phosphorus in pig manure have presented a significant value (1.65 kg animal year⁻¹) when evaluated under the total number of animals slaughtered in each municipality and considering the phosphorus concentration provided for in Conama Resolution n° 357/05, the demand is observed a large volume of water to phosphorus load assimilation. The gray water footprint can be reduced through the use of more efficient technologies for processing of manure, so that phosphorus is removed or reduced to low concentrations.

Keywords

swine , water footprint , water management

*Departamento xxxxxxx

Data de envio: xx/xx/20xx

Data de aceite: xx/xx/20xx

I. Introdução

De acordo com a Associação Brasileira de Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína (ABIPECS), o Brasil é o terceiro maior produtor e o quarto maior exportador de carne suína, com destaque para a região sul do Brasil, responsável por 61,4% da produção nacional (ABIPECS, 2012). O clima tropical, a mão de obra de baixo custo, a facilidade de manejo e tratamento dos dejetos, beneficiado pelas grandes dimensões territoriais e a grande produção de grãos, como milho e soja, torna o Brasil um dos países com as melhores condições para aumentar o plantel de suínos (KUNZ *et al.* 2005).

A atividade suinícola, assim como as demais atividades pecuárias, é diretamente dependente de recursos naturais e, portanto, a falta de conhecimento acerca do impacto sobre os recursos hídricos na atividade pecuária pode comprometer o crescimento do setor. A falta de conhecimento das necessidades hídricas essenciais para a realização da atividade pecuária faz com que a água seja utilizada de forma abundante nas propriedades rurais aliado ao fato deste recurso natural ser de fácil acesso na grande maioria das propriedades e não acarretar custos significativos ao produtor.

De acordo com Patience (2012), embora a água seja um elemento fundamental na produção de suínos e sua deficiência prejudique o desempenho dos animais, a relação água/produção ainda é um assunto que recebe pouca atenção até que um problema ocorra, surpreendendo sobre o quão pouco se sabe sobre esta relação. Neste contexto, a pegada hídrica surge como um indicador abrangente do uso da água que permite avaliar qual é o consumo utilizado, direta ou indiretamente, para produzir um determinado produto ao longo de toda a cadeia produtiva.

Segundo Palhares (2012), o conceito da pegada hídrica proporciona aos consumidores o conhecimento de como as produções pecuárias se relacionam com a água e como os atores das cadeias produtivas podem promover a gestão e conservação do recurso natural. Hoekstra *et al.* (2011) classifica a água em três tipos para padronizar a metodologia de cálculo:

- **Água Verde:** água precipitada sobre a terra que não escoou ou recarrega os aquíferos, mas é armazenada no solo ou temporariamente sobre o solo ou a vegetação.
- **Água Azul:** água superficial e subterrânea, isto é, a água em lagos, rios e aquíferos.
- **Água Cinza:** volume de água necessário para diluir os poluentes de modo que a qualidade da água em seu estado natural seja mantida acima dos padrões mínimos de qualidade da água aceitáveis.

Neste contexto o presente trabalho teve por objetivo calcular a pegada hídrica cinza dos suínos abatidos no ano de 2014 na região do Corede Serra, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

II. Material e Métodos

A região do Conselho de Desenvolvimento da Serra (Corede Serra), localizada na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul – Brasil, é composta por trinta e um municípios onde observa-se a presença de propriedades rurais de pequeno porte, com predomínio da atividade agropecuária. Com uma população de 890.303 habitantes e abrangendo uma área de 6.947,5 km² (FEE, 2013), a quase totalidade do território do Corede Serra insere-se na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.

A Fig. 1 apresenta a distribuição dos municípios que compõem o Corede Serra e a localização da região em relação ao estado do Rio Grande do Sul.

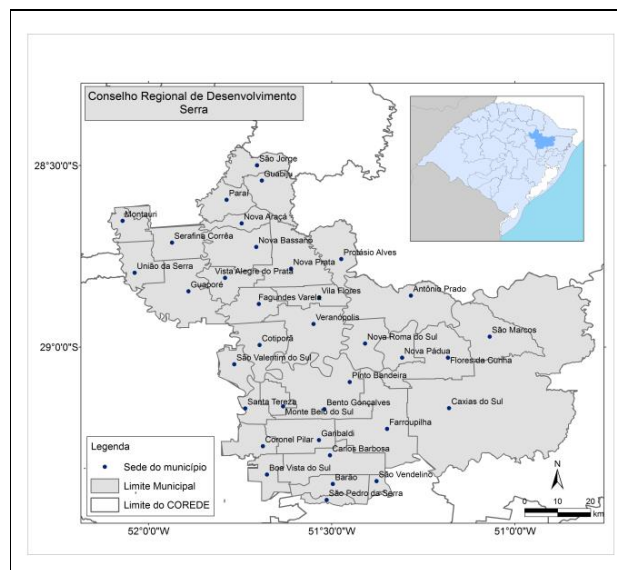


Fig. 1. Corede Serra/RS

Fonte: ISAM (2015) - elaborado por Geise Macedo dos Santos

O levantamento das informações acerca dos suínos abatidos no Corede Serra, no ano de 2014, foi realizado junto a Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul (SEAPA, 2015). O cálculo da pegada hídrica cinza foi realizado para o processo de confinamento dos suínos a partir da metodologia proposta por Chapagain e Hoekstra (2011).

O cálculo da água cinza é apresentado abaixo (1).

$$PH_{\text{cinza}} = \frac{\alpha * A_{pl}}{C_{\text{max}}} \quad (1)$$

Onde:

PH_{cinza} = pegada hídrica cinza (m³)

α = fator fixo, para o fósforo total, sendo $\alpha = 0,11$ (Basso, 2003)

A_{pl} = quantidade de dejetos suínos aplicados, kg P ano⁻¹.

C_{max} = concentração máxima permitida do elemento de acordo com a Resolução Conama n^o 357, fósforo total 0,10 mg L⁻¹.

Neste trabalho considerou-se que a concentração natural do corpo hídrico é zero, assumindo que a atividade humana não é conhecida, mas considerada baixa. A concentração de

fósforo, de acordo com a Resolução Conama nº 357/05, para a classificação da água doce como Classe 1, é de 0,10 mg L⁻¹, utilizada no cálculo como concentração máxima permitida.

Ressalta-se que o elemento fósforo foi escolhido para o cálculo da pegada cinza em virtude do processo de eutrofização dos recursos hídricos superficiais, desencadeado pela concentração de nitrogênio e fósforo no corpo hídrico. Para calcular a quantidade de fósforo presente nos dejetos suínos, foi necessário determinar a quantidade de dejetos suínos gerada.

Para esta quantificação, foi utilizada a metodologia proposta por IPEA (2012), onde é estimada a quantidade de dejetos por unidade animal (U.A), levando em consideração o peso inicial do animal, peso final e tempo de permanência no local de criação. Com estes dados, obteve-se uma taxa de crescimento diária estimando-se assim, a quantidade de dejetos gerados por dia, por peso de animal vivo.

De acordo com a ASAE (2003), a produção média de dejetos suíno é de 0,0084 kg animal dia⁻¹ e a produção média de fósforo é de 0,00018 kg animal dia⁻¹. Ressalta-se que a ASAE (2003) não apresenta divisão de fases de criação os suínos, portanto, o cálculo foi realizado considerando a totalidade do ciclo de vida do animal (163 dias). Considerou-se um peso inicial de 1,86 kg, peso final de 110,99 kg e um tempo de permanência no confinamento de 163 dias, conforme proposto por Carra (2012). Com base nestas informações, calculou-se a taxa de crescimento (TC) (2).

$$TC = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial})}{\text{tempo de permanência}} \quad 2$$

Onde:

TC = taxa de crescimento (kg dia⁻¹)

Peso final = peso antes do abate

Peso inicial = peso no início do confinamento

Tempo de permanência = tempo de permanência no confinamento

A partir da taxa de crescimento foi elaborada uma planilha onde determinou-se a geração de dejetos e a geração de fósforo durante o período de confinamento dos suínos. Neste trabalho considerou-se um fator adimensional α , que representa a fração de escoamento ou lixiviação do elemento fósforo que atinge os corpos hídricos.

O fator adimensional α foi determinado com base no trabalho de Basso (2003), que desenvolveu um estudo com as seguintes características: área durante oito anos em plantio direto com Argissolo Vermelho Distrófico Arênico, com sucessão de culturas: aveia preta/milho/nabo forrageiro, aplicados 40 m³ ha⁻¹ de dejetos suíno líquido durante dois anos, distribuído a lanço e em superfície antes da semeadura de cada espécie.

III. Resultados

A taxa de crescimento dos suínos calculada com vistas a obter a quantidade de fósforo gerada por animal durante o confinamento, resultou em uma geração de fósforo de 0,674 kg animal dia⁻¹. Ao somar a geração diária de dejetos suínos e de fósforo, obteve-se uma geração de dejetos de

772,63 kg animal⁻¹ e uma geração de fósforo de 1,65 kg animal⁻¹ (ASAE, 2003) ao longo dos 163 dias de confinamento.

A Tab. 1 apresenta o rebanho suíno abatido no ano de 2014 nos municípios do Corede Serra e a quantidade de fósforo total presente nos dejetos suínos.

Tab. 1. Suínos abatidos em 2014 e fósforo total presente nos dejetos.

Município	Suínos abatidos	Fósforo total (kg)
Antonio Prado	27.253	45.116
Bento Gonçalves	83	137
Boa Vista do Sul	228	377
Carlos Barbosa	34.351	56.866
Caxias do Sul	23.587	39.047
Coronel Pilar	8.150	13.492
Cotiporã	19.745	32.687
Fagundes Varela	9.451	15.646
Farroupilha	4.212	6.973
Flores da Cunha	3.598	5.956
Garibaldi	304	503
Guabiju	13.249	21.933
Guaporé	26.242	43.442
Montauri	6.472	10.714
Monte Belo do Sul	0	0
Nova Araçá	37.073	61.372
Nova Bassano	55.064	91.155
Nova Pádua	787	1.303
Nova Prata	73.100	121.012
Nova Roma do Sul	25.858	42.806
Paraí	78.111	129.308
Protásio Alves	38.657	63.994
Santa Tereza	1.361	2.253
São Jorge	30.479	50.456
São Marcos	37	61
São Valentim do Sul	10.912	18.064
Serafina Correa	56.896	94.188
União da Serra	47.785	79.105
Veranópolis	25.272	41.836
Vila Flores	45.508	75.336
Vista Alegre do Prata	36.033	59.650
Total	739.858	1.224.788

A Tab 2 apresenta a pegada hídrica cinza para os suínos abatidos ano de 2014, na região do Corede Serra.

Tab. 2. Pegada hídrica cinza dos suínos abatidos em 2014 no Corede Serra/RS.

Município	Pegada hídrica cinza (m ³ /ano)	Pegada hídrica cinza (km ³ /ano)
Antonio Prado	4.962.716	0,0050
Bento Gonçalves	15.114	0,00002
Boa Vista do Sul	41.518	0,00004
Carlos Barbosa	6.255.248	0,0063
Caxias do Sul	4.295.145	0,0043
Coronel Pilar	1.484.099	0,0015
Cotiporã	3.595.525	0,0036

Fagundes Varela	1.721.007,9	0,0017
Farroupilha	766.996,6	0,0008
Flores da Cunha	655.188,5	0,0007
Garibaldi	55.357,7	0,0001
Guabiju	2.412.616	0,0024
Guaporé	4.778.615	0,0048
Montauri	1.178.538,1	0,0012
Monte Belo do Sul	0	0,0000
Nova Araçá	6.750.918,2	0,0068
Nova Bassano	10.027.042,9	0,0100
Nova Pádua	143.311,1	0,0001
Nova Prata	13.311.362,0	0,0133
Nova Roma do Sul	4.708.689,4	0,0047
Paraí	14.223.855,0	0,0142
Protásio Alves	7.039.361,4	0,0070
Santa Tereza	247.835,3	0,0002
São Jorge	5.550.164,2	0,0056
São Marcos	6.737,6	0,00001
São Valentim do Sul	1.987.053,1	0,0020
Serafina Correa	10.360.646,4	0,0104
União da Serra	8.701.551,8	0,0087
Veranópolis	4.601.980,0	0,0046
Vila Flores	8.286.914,7	0,0083
Vista Alegre do Prata	6.561.536,3	0,0066
Total	134.726.645	0,1346

De acordo com a Tab. 2, a pegada hídrica cinza para o processo de confinamento de suínos, no ano de 2014, foi de 134.583.376 m³, o que corresponde a 0,1346 km³. Os municípios de Paraí (0,0142 km³), Nova Prata (0,0133 km³) e Serafina Correa (0,0103 km³) apresentaram as maiores pegadas a passo que os municípios de São Marcos (0,00001 km³) e Bento Gonçalves (0,00002 km³) apresentaram as menores pegadas.

A pegada hídrica cinza apresentou resultados diretamente proporcionais ao rebanho abatido, visto que a concentração natural do elemento fósforo nos recursos hídricos do Corede Serra foi considerada nula em virtude da falta de informação desta concentração para a unidade de referência. Em virtude da quantidade de fósforo nos dejetos suínos ter apresentado um valor significativo (1,65 kg animal ano⁻¹), quando avaliada sob o número total de animais abatidos em cada município e considerando a concentração de fósforo prevista na Resolução Conama n° 357/05, observa-se a demanda de um grande volume de água para assimilação da carga.

A pegada hídrica cinza pode ser reduzida através do uso de tecnologias mais eficientes de tratamento dos dejetos suínos, de forma que o fósforo seja removido ou reduzido a baixas concentrações. O uso de biodigestores para o tratamento dos dejetos suínos, resultando em um fertilizante mais estabilizado, apresenta-se como uma opção a ser implantada.

O uso de esterqueira associada a banhados construídos, também apresenta-se como uma opção para remoção do fósforo. A definição da melhor tecnologia vai depender do volume gerado de dejetos suínos, condições climáticas e topográficas de cada município, além da disponibilidade de recursos.

IV. Conclusões

O cálculo da pegada hídrica cinza no confinamento dos suínos abatidos no ano de 2014 no Corede Serra/RS apresentou um resultado significativo, em virtude da quantidade de fósforo presente nos dejetos suínos gerados ao longo do confinamento dos animais. Sabendo que a criação de suínos é uma atividade realizada, na sua quase totalidade, de forma intensiva, estando concentrada em determinadas regiões, a demanda de água para assimilação do fósforo presente nos dejetos com vistas ao enquadramento da água doce como Classe 1, deve ser considerada e pontuada nas ações de planejamento dos recursos hídricos da região.

Isso porque, em muitas cidades e propriedades rurais, a água utilizada para uso doméstico e para as atividades pecuárias provém de recursos hídricos superficiais e a sua contaminação pode comprometer a saúde da população e a sanidade dos animais.

Por se tratar de uma unidade de referência composta por trinta e um municípios, aplicar a metodologia da pegada hídrica cinza para a atividade suinícola, no Corede Serra, apresentou-se como um desafio, em virtude da dificuldade em se obter as informações necessárias para a realização dos cálculos. Associado a essa questão, está a dificuldade de caracterizar uma unidade de referência deste porte no que tange a concentração de fósforo nos recursos hídricos, informação necessária para o cálculo da pegada hídrica cinza.

Para se obter uma visão sobre toda a cadeia suinícola na região, é importante que seja contabilizada a pegada hídrica de todos os processos envolvidos, desde a produção dos alimentos destinados aos animais (milho e soja), água destinada a dessedentação animal e limpeza das áreas de criação (confinamento), no abate e beneficiamento da carne.

Observa-se o crescimento no interesse dos consumidores sobre a utilização dos recursos hídricos, visto o cenário de escassez hídrica enfrentado atualmente. Da mesma forma, observa-se o interesse e a preocupação do poder público em manter viável a produção dos bens de consumo, cuja disponibilidade hídrica é um fator limitante. Neste contexto, a metodologia da pegada hídrica tende a ser cada vez mais aplicada e os seus resultados utilizados na formulação de políticas e de ações com vistas a gestão dos recursos hídricos.

V. Bibliografia

[1] ABIPECS - Associação Brasileira da Indústria Produtora e Exportadora de Carne Suína. Relatório Anual ABIPECS 2012-2013, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/abipecs_relatorio_2012_pt.pdf>. Acesso em: 01 fevereiro 2015..

[2] ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Manure Production and Characteristics. St Joseph: ASAE, 2003.

[3] Basso, c. J. Perdas de nitrogênio e fósforo com aplicação no solo de dejetos líquidos de suínos. Santa Maria: UFSM, 2003. 125p. Tese Doutorado.

[4] Carra, S. H. Z. Projeto de melhorias em uma propriedade suinícola de pequeno porte visando um modelo ideal. Trabalho de conclusão de curso de engenharia ambiental. Universidade de Caxias do Sul, 2012.

[5] FEE. Fundação Estadual de Estatística. Informação Corede Serra, 2013. Disponível em: <<http://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=serra>>. Acessado em: 20 abr. 2015.

[6] Hoekstra, a. Y.; Chapagains, a. K.; Aldaya, m. M.; Mekonnen, M. M. Manual de avaliação da pegada hídrica: estabelecendo o padrão global. São Paulo, 2011.

[7] IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas. Brasília, 2012.

[8] ISAM. Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul. Mapas. Caxias do Sul, 2015.

[9] Kunz, a.; Higarashi, M. M.; Oliveira, P. A. D. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 22, n. 3, p. 651-665, 2005. ISSN 0104-1096.

[10] Palhares, J. C. P. Pegada hídrica e a produção de aves de corte. Avicultura. 2012. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/ma-avicultura/administracao/artigos/pegada-hidrica-producao-aves-t784/124-p0.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

[11] Patience, J. F. *The importance of water in pork production*. *Animal frontiers*, v. 2, p. 28-35. 2012.

[12] SEAPA. Secretaria Estadual de Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Rio Grande do Sul. Informações sobre o rebanho suíno no Corede Serra. 2012.

5.3 AVALIAÇÃO DA PEGADA HÍDRICA NOS PROCESSOS ANALISADOS

Os valores referentes a pegada hídrica verde são equivalentes a soma do consumo de água para a produção de milho e farelo de soja, conforme apresentado na Tabela 4, citada no artigo do subcapítulo 5.1. A Tabela 8 apresenta o resultado da pegada hídrica para os suínos abatidos para os processos de cultivo de alimentos e confinamento.

Tabela 7 - Pegada hídrica para os suínos em abatidos no Corede Serra

Município	Pegada Hídrica Verde (km³ ano⁻¹)	Pegada Hídrica Azul (km³ ano⁻¹)	Pegada Hídrica Cinza (km³ ano⁻¹)	Total (km³ ano⁻¹)
Antônio Prado	0,00399	0,0000261	0,0050	0,0090
Bento Gonçalves	0,00002	0,0000001	0,00002	0,00004
Boa Vista do Sul	0,00004	0,0000002	0,00004	0,0001
Carlos Barbosa	0,00558	0,0000329	0,0062	0,0119
Caxias do Sul	0,00383	0,0000226	0,0043	0,0081
Coronel Pilar	0,00143	0,0000078	0,0015	0,0029
Cotiporã	0,00596	0,0000189	0,0036	0,0096
Fagundes Varela	0,00304	0,0000091	0,0017	0,0048
Farroupilha	0,00068	0,0000040	0,0008	0,0015
Flores da Cunha	0,00070	0,0000035	0,0007	0,0014
Garibaldi	0,00005	0,0000003	0,0001	0,0001
Guabiju	0,00208	0,0000127	0,0024	0,0045
Guaporé	0,00517	0,0000252	0,0048	0,0100
Montauri	0,00182	0,0000062	0,0012	0,0030
Monte Belo do Sul	0,00000	0,0000000	0,0000	0,0000
Nova Araçá	0,01048	0,0000356	0,0067	0,0173
Nova Bassano	0,01540	0,0000528	0,0100	0,0255
Nova Pádua	0,00017	0,0000008	0,0001	0,0003
Nova Prata	0,02336	0,0000701	0,0133	0,0367
Nova Roma do Sul	0,00401	0,0000248	0,0047	0,0087
Paraí	0,02180	0,0000749	0,0142	0,0361
Protásio Alves	0,01160	0,0000371	0,0070	0,0187
Santa Tereza	0,00028	0,0000013	0,0002	0,0005
São Jorge	0,00976	0,0000292	0,0055	0,0153
São Marcos	0,00001	0,0000000	0,000007	0,000013
São Valentim do Sul	0,00303	0,0000105	0,0020	0,0050
Serafina Correa	0,01653	0,0000546	0,0103	0,0269
União da Serra	0,01474	0,0000458	0,0087	0,0235
Veranópolis	0,00800	0,0000242	0,0046	0,0126
Vila Flores	0,01260	0,0000437	0,0083	0,0209
Vista Alegre do Prata	0,01138	0,0000346	0,0066	0,0180
Total	0,19754	0,0007097	0,1346	0,3328

Conforme observado a pegada hídrica total, considerando a soma das pegadas hídricas verde, azul e cinza para os suínos abatidos no Corede Serra, no ano de 2014, para

os processos analisados é de 0,3328 km³ ano⁻¹. A Tabela 9 apresenta a porcentagem que as pegadas hídricas verde, azul e cinza representam na pegada hídrica total dos processos analisados.

Tabela 8 - Porcentagem que as pegadas hídricas verde, azul e cinza representam na pegada hídrica total dos suínos abatidos no Corede Serra

Município	Pegada Hídrica Verde (%)	Pegada Hídrica Azul (%)	Pegada Hídrica Cinza (%)
Antonio Prado	44,44	0,29	55,27
Bento Gonçalves	57,83	0,22	41,95
Boa Vista do Sul	49,99	0,26	49,74
Carlos Barbosa	47,05	0,28	52,67
Caxias do Sul	47,05	0,28	52,67
Coronel Pilar	48,97	0,27	50,76
Cotipora	62,26	0,20	37,54
Fagundes Varela	63,75	0,19	36,06
Farroupilha	47,05	0,28	52,67
Flores da Cunha	51,61	0,25	48,14
Garibaldi	47,99	0,27	51,73
Guabiju	46,18	0,28	53,54
Guaporé	51,84	0,25	47,90
Montauri	60,64	0,21	39,15
Monte Belo do Sul	0,00	0,00	0,00
Nova Araçá	60,72	0,21	39,08
Nova Bassano	60,46	0,21	39,33
Nova Pádua	54,54	0,24	45,22
Nova Prata	63,60	0,19	36,21
Nova Roma do Sul	45,86	0,28	53,86
Paraí	60,41	0,21	39,38
Protásio Alves	62,14	0,20	37,66
Santa Tereza	53,33	0,24	46,43
São Jorge	63,66	0,19	36,15
São Marcos	47,13	0,28	52,60
São Valentim do Sul	60,26	0,21	39,53
Serafina Correa	61,37	0,20	38,43
União da Serra	62,78	0,20	37,03
Veranópolis	63,39	0,19	36,42
Vila Flores	60,23	0,21	39,56
Vista Alegre do Prata	63,33	0,19	36,48
Corede Serra	59,35	0,21	40,44

Conforme observado na Tabela 9, a pegada hídrica verde é a mais significativa (59,35%), seguida pela pegada hídrica cinza (40,44%) e pela pegada hídrica azul (0,21%). Observa-se que o maior consumo de água, considerando a alimentação dos suínos e o seu confinamento, está na produção das culturas de milho e soja, que são a base da

alimentação dos animais e não na água destinada a dessedentação, limpeza e a água contida no produto, nem no volume de água necessário para diluir a carga de fósforo proveniente da utilização dos dejetos como fertilizantes que lixivia em direção aos recursos hídricos.

A pegada hídrica verde apresenta mais variáveis no seu cálculo ao passo que as pegadas hídricas azul e cinza apresentam resultados diretamente proporcionais ao tamanho do rebanho, ou seja, quanto maior o rebanho, maior a pegada hídrica. A falta de informação sobre a concentração natural do elemento fósforo nos recursos hídricos do Corede Serra não permitiu fazer uma avaliação mais precisa sobre a pegada hídrica cinza em cada município visto que no cálculo, esta variável foi considerada nula.

De acordo com um trabalho publicado por Palhares (2011), onde foi calculada a pegada hídrica dos suínos abatidos no ano de 2008 na região Centro-Sul do Brasil, o Estado do Rio Grande do Sul, com 6.863.059 suínos abatidos, apresentou uma pegada hídrica verde de 2,6967 km³. A pegada hídrica referente à cultura de milho representou 58,30%, enquanto a pegada referente à cultura de soja representou 41,70% da pegada hídrica verde total. Na avaliação sobre o Corede Serra, realizada neste trabalho, observou-se um comportamento semelhante, onde a pegada hídrica verde da cultura de milho (50,34%) apresentou-se maior do que a pegada hídrica verde da cultura de soja (49,66%).

Segundo Hoekstra *et al.* (2011), geralmente a evapotranspiração da água da chuva de uma área cultivada não será muito diferente da evapotranspiração da mesma área sob condições naturais, mas pode apresentar diferenças significativas durante alguns períodos específicos do ano. Às vezes, a evapotranspiração pode ser menor e outras vezes, maior, levando, respectivamente, ao aumento ou redução do escoamento. Isso significa que uma pegada hídrica verde pode afetar a disponibilidade de água azul.

No que tange ao resultado da pegada hídrica azul e cinza, observa-se que os municípios com os maiores rebanhos apresentam as maiores pegadas. A pegada hídrica azul apresentou os menores valores no resultado final, o que não descaracteriza a importância da sua contabilização para a gestão dos recursos hídricos.

A pegada hídrica cinza também apresentou resultados diretamente proporcionais ao rebanho abatido, mas o resultado foi o segundo mais significativo. Isso porque a quantidade de fósforo nos dejetos suínos é significativa (1,65 kg animal ano⁻¹) e, quando avaliada sob o número total de animais abatidos em cada município e considerando a

concentração prevista na Resolução Conama nº 357/05, demanda um grande volume de água para diluição da carga.

5.4 PROPOSIÇÃO DE AÇÕES PARA REDUÇÃO DA PEGADA HÍDRICA

Conforme apresentado na Tabela 10, a pegada hídrica dos suínos abatidos no ano de 2014, no Corede Serra, foi mais significativa para o cultivo das culturas de milho e soja (59,35%). Para reduzir esta pegada é necessário aumentar a produtividade de milho e soja, visto que baixas produtividades elevam o seu valor. Isso porque, quanto menor a produtividade das culturas por hectare, menor a eficiência hídrica e conseqüentemente, maior a pegada hídrica.

Portanto, investir em tecnologias, zoneamento e melhoramento genético, associado a programas e políticas públicas com vistas ao aumento da produtividade das culturas, são ações que promoverão a redução da pegada além de aumentarem a rentabilidade dos produtores e promoverem a conservação dos recursos hídricos da região. Todavia, o aumento da produtividade deve ser promovido de forma a não causar impactos ambientais em virtude do uso excessivo de fertilizantes e outros produtos afins.

A utilização de água pluvial, principalmente em áreas de criação animal, onde o sistema de captação pode ser adaptado aos galpões de criação, de forma simples e com baixo custo apresenta-se como uma alternativa para redução da pegada hídrica azul. Isso porque esta água, se não for captada, será escoada e fará parte do recurso hídrico, infiltrará no solo e irá evapotranspirar ou será incorporada a biomassa da cultura. Portanto, otimizar o uso da água pluvial reduz o impacto aos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Em virtude da pegada hídrica azul (0,21%) depender diretamente do número de animais abatidos e da respectiva demanda de água destinada a dessedentação animal e limpeza das áreas de criação, ações com vistas à redução de desperdícios devem ser implantadas. Para tanto, investir em modelos de bebedouros mais eficientes, que forneçam um volume adequado de água e atendam a fase de criação animal, apresentam-se como uma opção de baixo custo para a economia de água e conseqüente redução da pegada.

Com relação à importância da redução da pegada hídrica azul, Hoekstra *et al.* (2011) cita que o uso ineficiente da água em locais onde há abundância desse recurso demonstra que é possível aumentar a produção por unidade de água, o que é importante, pois aumentar a produção de bens de uso intensivo de água em lugares onde há

abundância do recurso significa que é possível diminuir a produção desses bens em lugares com escassez de água. As pegadas hídricas dos produtos que fazem uso intensivo de água e dos artigos “não essenciais”, tais como carne, bioenergia ou flores podem gerar estresse nas bacias onde a disponibilidade da água é abundante, provocando implicações globais que podem afetar, entre outros, a produção de alimentos essenciais.

A pegada hídrica cinza (40,44%) pode ser reduzida através do uso de tecnologias mais eficientes de tratamento dos dejetos suínos, de forma que o fósforo seja removido ou reduzido a baixas concentrações. O uso de biodigestores para o tratamento dos dejetos suínos, resultando em um fertilizante mais estabilizado, apresenta-se como uma opção a ser implantada. O uso de esterqueira associada a banhados construídos também apresenta-se como uma opção para remoção do fósforo. A definição da melhor tecnologia vai depender do volume gerado de dejetos suínos, condições climáticas e topográficas de cada município e disponibilidade de recursos.

Hoekstra *e tal.* (2011) pontua que uma regra geral para qualquer estratégia de mitigação de pegada hídrica é evitar a pressão da pegada hídrica em áreas ou períodos em que as demandas ambientais de água são violadas. Portanto, em épocas de *stress* hídrico, o uso controlado dos recursos hídricos é indispensável. Para tanto, campanha de educação ambiental visando o uso consciente dos recursos hídricos, com enfoque em boas práticas nas atividades pecuárias, poderão auxiliar na redução da pegada.

5.5 DISCUSSÃO SOBRE A APLICABILIDADE DA METODOLOGIA EM GRANDES ÁREAS

A metodologia da pegada hídrica é relativamente recente, sendo aplicada por poucos autores no segmento pecuário em nível nacional e internacional. Desta forma, as referências sobre o assunto são restritas, o que resulta em dúvidas na aplicação da metodologia, visto que a pegada hídrica deve ser calculada de uma forma específica, visando os impactos sobre os recursos hídricos da atividade, produto ou região geográfica a ser avaliada.

Ao aplicar a metodologia da pegada hídrica para a atividade suinícola, em uma unidade de referência composta por trinta e um Município, com uma área total de 6.947,5 km², observou-se que o nível de detalhamento das informações necessárias para se obter um resultado compatível com a situação real é um verdadeiro desafio. Algumas

informações necessárias para aplicar a metodologia não são obtidas através de bancos de dados livres, como o número de animais abatidos, as áreas de cultivo e rendimento destes por município, sendo estas informações de responsabilidade e domínio de órgãos públicos, cujo acesso deve ser solicitado e justificado.

A seguir são apresentados alguns apontamentos referentes ao cálculo das pegadas hídricas verde, azul e cinza.

- Pegada hídrica verde

Para o cálculo da pegada hídrica verde para o processo de cultivo de alimentos (milho e soja), destinados à alimentação dos suínos, são necessárias informações acerca das áreas de plantio e rendimento destas culturas. Estas informações são disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cuja atualização é realizada anualmente.

Todavia, não é realizada uma rastreabilidade do destino final destas culturas, o que não permite calcular a água virtual incorporada às culturas. Por isso, não é possível saber se a soja e o milho plantados no Corede Serra são destinados à alimentação dos suínos e, em caso negativo, qual é a origem destas culturas.

Mesmo em unidades de referência menores, esta dificuldade seria encontrada nas mesmas proporções, visto que a quase totalidade dos suinocultores são integrados a grandes empresas do ramo de beneficiamento de carnes e, nestes casos, a ração é disponibilizada aos criadores através das integradoras. As integradoras não tornam pública a informação sobre a origem da ração visto que, na maioria dos casos, a ração é produzida por empresas terceirizadas que mantêm o padrão de qualidade, mas não consideram o rastreamento da origem das culturas uma informação de interesse à empresa integradora e/ou de beneficiamento.

Outra informação indispensável para o cálculo da pegada hídrica verde é o valor referente à evapotranspiração das culturas de milho e soja. Para calcular a evapotranspiração das culturas agrícolas, a literatura apresenta valores de coeficientes para cada cultura que, associados à evapotranspiração potencial da região, permite estimar o volume evapotranspirado de água durante todo o ciclo de crescimento das culturas. Neste trabalho esse cálculo não foi realizado, mas independente da unidade de referência, esta informação poderá ser calculada ou referenciada de acordo com a literatura. Para este

trabalho consideraram-se os valores de evapotranspiração para as culturas de milho e soja citados na literatura.

- Pegada hídrica azul

Os volumes utilizados no cálculo da pegada hídrica azul para o consumo de água destinado a dessedentação animal, limpeza das áreas de criação e incorporado ao animal (produto), são volumes sugeridos pela literatura. Ao aplicar a metodologia da pegada hídrica em um município ou em uma propriedade, estes volumes poderiam ser medidos através da instalação de um hidrômetro.

Desta forma, o volume utilizado seria condizente com a situação real e poderia variar de acordo com o tipo de bebedouro instalado na propriedade. Porém, ao utilizar uma unidade de referência maior, estima-se que o volume de água consumido seja o mesmo em todas as propriedades, para todos os animais, onde não são consideradas as particularidades relacionadas à disponibilidade hídrica de cada município. Desta forma, a pegada hídrica acaba resultando em um valor estimado para a região.

- Pegada hídrica cinza

Para o cálculo da água cinza, a principal dificuldade observada refere-se à definição da concentração natural do elemento fósforo nos recursos hídricos, informação necessária para realizar o cálculo. Neste estudo, que avalia a pegada hídrica em uma unidade de referência composta por mais de um município, seria necessário definir uma metodologia de coleta e determinação do parâmetro fósforo em laboratório, de forma a caracterizar um valor médio encontrado para a região.

Por não ser conhecida uma concentração de fósforo média no Corede Serra, a mesma foi considerada nula no cálculo, o que torna o resultado um tanto estimado. Ao aplicar a metodologia em uma unidade de referência menor, como um município, seria possível obter a concentração natural do fósforo mais facilmente através de amostragens dos recursos hídricos com vistas à avaliação da qualidade da água e, conseqüentemente, da concentração do elemento.

Ainda no cálculo da água cinza, é necessário inserir um fator adimensional que representa a fração de dejetos escoada superficialmente, que pode atingir os recursos hídricos. Neste estudo, foi utilizado um fator extraído de uma tese de doutorado realizado

na cidade de Santa Maria/RS. Todavia, o solo da região de Santa Maria não é o mesmo solo encontrado no Corede Serra, mas em virtude da falta de informação sobre o solo local, utilizou-se a informação referente ao solo do município citado. Para obter um fator adimensional para o solo existente no Corede Serra, seria necessário realizar uma série de estudos e análises do solo e da qualidade da água, durante um período de tempo que caracterize as diferenças sazonais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cálculo da pegada hídrica nos processos de cultivo de alimentos (milho e soja) e confinamento para os suínos abatidos no ano de 2014, no Corede Serra, resultou em uma pegada hídrica mais significativa para o cultivo de alimentos (pegada hídrica verde), o que não torna o processo de confinamento (pegada hídrica azul e cinza) menos significativo na gestão dos recursos hídricos. Isso porque a criação de suínos é uma atividade realizada, na sua quase totalidade, de forma intensiva, estando concentrada em determinadas regiões, o que torna a água destinada a dessedentação e a limpeza das áreas de criação uma ameaça à segurança hídrica das regiões associada a contaminação dos recursos hídricos, resultante do manejo inadequado dos dejetos suínos. Destaca-se que associada à criação de suínos, pode ocorrer a criação de aves e bovinos na mesma região, atividades que também demandam um volume de água expressivo.

Por se tratar de uma unidade de referência composta por trinta e um municípios, aplicar a metodologia da pegada hídrica para a atividade suinícola, no Corede Serra, apresentou-se como um desafio, em virtude da dificuldade em se obter as informações necessárias para a realização dos cálculos. Associada a essa questão, está a dificuldade de caracterizar uma unidade de referência deste porte no que tange, por exemplo, à concentração de fósforo nos recursos hídricos, informação necessária para o cálculo da pegada hídrica cinza e o consumo de água no processo de confinamento, informações utilizadas no cálculo da pegada hídrica azul.

Os resultados obtidos a partir deste trabalho poderão ser utilizados no planejamento das atividades suinícolas no Corede Serra de forma a evitar que a disponibilidade hídrica seja inferior à demanda da mesma para a atividade, visto que a água é um fator limitante para a produtividade de grãos e para a criação animal. Com resultados concretos, mensurados através de cálculos com informações da região, o cálculo da pegada hídrica para a atividade suinícola no Corede Serra poderá ser utilizado na tomada de decisão e delineamento de ações com vistas a garantir a permanência e expansão da atividade suinícola na região.

Nesta visão sobre a cadeia suinícola, é importante que seja contabilizada a pegada hídrica do processo de abate dos suínos, não realizada neste trabalho em virtude da falta de informações para a realização dos cálculos. A partir da aplicação da metodologia da pegada hídrica e da revisão bibliográfica sobre o assunto, observou-se a sua vasta aplicação em diferentes escalas além da importância dos resultados fornecidos

para a gestão dos recursos hídricos. Da mesma forma observou-se que a metodologia é ainda pouco aplicada para as atividades pecuárias em função da dificuldade de obtenção de informações necessárias para a realização dos cálculos.

Todavia, observa-se o crescimento no interesse dos consumidores sobre a utilização dos recursos hídricos, visto o cenário de escassez hídrica enfrentado atualmente. Da mesma forma, observa-se o interesse e a preocupação do poder público em manter viável a produção dos bens de consumo, cuja disponibilidade hídrica é um fator limitante. Neste contexto, a metodologia da pegada hídrica tende a ser cada vez mais aplicada e os seus resultados utilizados na formulação de políticas e de ações com vistas a gestão dos recursos hídricos.

7. RECOMENDAÇÕES

De forma a complementar os resultados obtidos neste trabalho, outros estudos podem ser desenvolvidos através de trabalhos futuros. Abaixo são apresentadas as principais recomendações verificadas neste sentido.

- Realizar o cálculo da água virtual embutida nas culturas de soja e milho e na carne suína beneficiada resultará em informações de relevante importância para a gestão dos recursos hídricos na região do Corede Serra. Esta avaliação permitirá que os municípios do Corede Serra avaliem se o plantio de milho e soja na região, destinados a alimentação dos suínos, compromete o volume dos recursos hídricos na região ou se a importação destes produtos de outras regiões é mais benéfica com vistas a gestão dos recursos hídricos.

Com relação ao destino da carne beneficiada, o cálculo da água virtual permitirá avaliar a quantidade de água exportada das bacias hidrográficas Taquari-Antas e Caí para outras bacias, através da água embutida na carne. Ressalta-se que, para realizar o cálculo da água virtual, são necessárias informações como: cidades de origem das culturas de milho e soja destinados a alimentação dos suínos confinados no Corede Serra e regiões para onde é destinada a carne suína produzida na mesma região. Estas informações não são controladas pelo poder público, o que não as torna de acesso livre. As mesmas deverão ser obtidas junto as empresas integradoras e os abatedouros.

A partir do cálculo da pegada hídrica no processo de beneficiamento, associada às pegadas hídricas calculadas neste trabalho, será possível calcular a quantidade de água consumida para se produzir 1 kg de carne. Quanto menor essa relação, maior a eficiência hídrica da unidade e na cadeia produtiva.

- Para o cálculo da pegada hídrica verde, foi considerado o valor da evapotranspiração das culturas de milho, conforme citado por Couto e Sans (2002) e da soja, conforme proposto por Palhares (2011). De acordo com Couto e Sans (2002), a evapotranspiração das culturas é estimada a partir da evapotranspiração da cultura de referência (ET_0) e dos coeficientes culturais (K_c). Em uma próxima avaliação da pegada hídrica, sugere-se que seja calculada a evapotranspiração das culturas na região do Corede Serra, considerando as condições climáticas específicas da região.

- No cálculo da pegada hídrica azul, foram utilizados os volumes de água destinados a dessedentação animal e a limpeza das áreas de criação sugeridos pela literatura. Para realizar uma análise mais aprofundada na região do Corede Serra, sugere-

se que sejam realizados levantamentos acerca destes consumos através da instalação de hidrômetros em algumas propriedades da região, em caráter de amostragem.

Sabe-se que a disponibilidade hídrica de cada região bem como as políticas públicas existentes interferem no volume de água utilizado nas atividades pecuárias. Na região do Corede Serra observa-se o desperdício de água para estes fins, visto que a mesma é encontrada com abundância e não há políticas com vistas ao incentivo da economia de água ou do uso de fontes alternativas, como a água pluvial.

- No que se refere ao cálculo da pegada hídrica cinza, neste trabalho foi considerada apenas a concentração do elemento fósforo lixiviado para os recursos hídricos após a aplicação dos dejetos suínos como fertilizante no solo. Todavia, a Resolução Conama n° 357/05 também apresenta padrões de concentração máxima para os parâmetros nitrogênio e demanda química de oxigênio. Portanto, a pegada hídrica cinza poderia ser realizada para os elementos fósforo, nitrogênio e demanda biológica de oxigênio. Sabendo que a concentração de nitrogênio nos recursos hídricos também promove a eutrofização dos mesmos, o cálculo da pegada hídrica cinza poderia ser realizado para os elementos fósforo e nitrogênio.

- O cálculo da pegada hídrica cinza também poderia ser realizado considerando as metas do enquadramento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas até o ano de 2022, determinado pela Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul n° 121/2012, considerando a concentração limite de nitrogênio e a demanda biológica de oxigênio de acordo com a concentração limite determinada para cada trecho da referida bacia.

- A pegada hídrica também poderia ser calculada para outras atividades pecuárias expressivas na região, como a avicultura e a bovinocultura. Desta forma, seria possível comparar as criações animais no que tange a demanda hídrica e as potencialidades de redução desta com vistas a manutenção das atividades pecuárias no Corede Serra.

- Os resultados da pegada hídrica poderiam ser utilizados na formulação de políticas públicas visando o pagamento por serviços ambientais, visto que os criadores que reduzem a pegada hídrica da sua atividade contribuem com a conservação dos recursos hídricos.

8. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ABIPECS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. **Relatório anual ABIPECS 2012-2013**. São Paulo. 2012. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/relatorios-associados/ABIPECS_relatorio_2012_pt.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2014

ABPA. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Exportações de Carne Suína por Estado – jan – dez 2014**. 2014. Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/uploads/relatorios/mercado-externo/exportacoes/estados/anual/por_estados_jan-dez14.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2015.

ALLAN, T. *Virtual Water – Tackling the threat to our planet’s most precious resource*. London: I, B. Tauris, 2011.

AMARAL, A. L.; *et al.* Boas práticas de produção de suínos. **Circular Técnica da EMBRAPA n. 50**. Concórdia: Embrapa. 2006. ISSN 0102-3713. 60 p. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_k5u59t7m.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2013.

ASAE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Manure production and characteristics**. St Joseph: ASAE, 2003.

BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P. E. P. *Measuring the immeasurable: A survey of sustainability indices*. **Ecological Economics**, v. 63, n. 1, p. 1-8, jun. 2007. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/ecocon>> Acesso em: 12 mar. 2014.

CARMO, R. L.; OJIMA, A. L. R. O.; OJIMA, R.; NASCIMENTO, T. T. Água virtual, Escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. X, n. 1, p. 83-96, jan-jun. 2007.

CARRA, S. H. Z. **Projeto de melhorias em uma propriedade suinícola de pequeno porte visando um modelo ideal**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Ambiental. Universidade de Caxias do Sul, 2012.

COUTO, L.; SANS, L. M. A. **Requerimento de água das culturas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. (Circular Técnico, 20).

DIAS, M. C. O. (Coord.), **Manual de impactos ambientais**: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297.

DRASTIG, K. *et al.* *Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany)*. **Advances Geosciense**, v.27, p.65-70. 2010.

EMPINOTTI, V., *et al.* Novas práticas de governança da água? O uso da pegada hídrica e a transformação das relações entre o setor privado, organizações ambientais e agências internacionais de desenvolvimento. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Editora UFPR, v. 27. p. 23-36, jan/jun.2013.

FAMURS. FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Informações Municipais: Produto Interno Bruto**, 2008. Disponível em: <http://www.famurs.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=191>. Acesso em: 23 de junho de 2014.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. **Livestock Report – 2006**. 2006. Disponível em: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0255e/a0255e.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

FEE. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ESTATÍSTICA. **Informação Corede Serra, 2013**. Disponível em: <<http://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/coredes/detalhe/?corede=Serra>>. Acessado em: 20 abr. 2015.

FERREIRA, D. D. M. **Gestão e Uso da Água na Suinocultura: Um Diagnóstico a Partir da Comparação de Pegadas Hídricas**. 2012. 225 f. Tese de Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2012.

FERRI, G. A.; *et al.* **A história da bacia hidrográfica Taquari-Antas**. 1 ed. Lajeado: Universidade Integrada Vale do Taquari de Ensino Superior, 2012.

GALLOPIN, G. C. *Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. A system approach. Environmental Modelling & Assessment*, v.1, p.101-117. 1996.

GERBENS-LEENES, W., HOESKSTRA, A. Y. *The water footprint of sweeteners and bio-ethanol. Environmental International*, v. 40, p. 202-211. 2012.

GIRARD, C. L. *Reducing the impact of animal production on the water supply: Increasing knowledge is the only solution. Animal Frontiers*, v.2, p.1-2, abr. 2012. Disponível em: <<http://animalfrontiers.org/content/2/2/1.full.pdf+html>>. Acesso em: 15 mai. 2014.

HAMMOND, A. *et al. Environmental Indications: A Systematic Approach to Measuring and Reporting on Environmental Policy Performance in the Context of Sustainable Development. Washington: World Resources Institut*, mai. 1995.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. *Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change*, v. 15, n. 1, p. 45-56. 2005.

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAINS, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. **Manual de Avaliação da Pegada Hídrica: estabelecendo o padrão global**. São Paulo, 2011.

HSI. HUMANE SOCIETY INTERNATIONAL. **O impacto da criação de animais para consumo no meio ambiente e nas mudanças climáticas no Brasil**. HSI, 2011. Disponível em: <http://www.hsi.org/assets/pdfs/hsi-fa-white-papers/relatorio_hsi_impactos_pecuaria.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**

Cidades. Disponível em:
<<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=43&search=rio-grande-do-sul>>. Acesso em: 24 nov. 2014.

IPEA. INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas.** Brasília, 2012.

ISAM. INSTITUTO DE SANEAMENTO AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL. **Mapas.** Caxias do Sul, 2015.

MAPA. **Projeções do Agronegócio - Brasil 2012/13 a 2022/23 Projeções de Longo Prazo.** MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A.-A. D. G. E. Brasília: Mapa/ACS: 96 p. 2013.

MENDONÇA, C. B; TADEU, N. D; SINISGALLI, P. A. de A. Pegada Hídrica na Bovinocultura de Corte no Brasil: uma Comparação entre a Produção em Pastagem Manejada e Não Manejada. **In:** Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Porto Alegre/RS. Anais do XX Simpósio brasileiro de Recursos Hídricos. Porto Alegre: ABRH, 2013.

NEPA. NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** Campinas, SP: UNICAMP, 4. ed. rev. e ampl.. 2011. 161 p. Disponível em:
<http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada> Acesso em: 16 abr. 2015.

OLIVEIRA, P. A. V. de. (Coord.). **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves. 2004. 109 p. Disponível em:
<http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_n3r85f3h.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2014.

OLIVEIRA, P; *et al.* Balanço de água nas cadeias de aves e suínos. **Avicultura Industrial.** São Paulo, SP. p. 39-44, out. 2009.

OLIVEIRA, P; *et al.* Aproveitamento da Água da Chuva na Criação de Suínos e Aves. **Documentos Embrapa Suínos e Aves,** Concórdia, n. 157, dez. 2012. Disponível em:
<http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/publicacao_v7r28u3f.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2013.

PALHARES, J. C. P. Pegada Hídrica de Suínos Abatidos nos Estados da Região Centro-Sul do Brasil. **Revista Acta Scientiarum Animal Sciences,** Maringá, v. 33, n. 3, p. 309-314, 2011.

PALHARES, J. C. P. Pegada Hídrica de Suínos e o Impacto de Estratégias Nutricionais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v. 18, n. 5, p. 533-538, 2014.

PALHARES, J. C. P. Pegada Hídrica e a Produção de Aves de Corte. **Avicultura**. 2012. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/pegada-hidrica-producao-aves-t784/124-p0.htm>>. Acesso em: 15 jun. 2014.

PATIENCE, J. F. *The importance of water in pork production*. **Animal Frontiers**, v. 2, p. 28-35. 2012.

PERDOMO, C. C;*et al.* Produção de Suínos e Meio Ambiente. **In:**Seminário Nacional de Desenvolvimento da Suinocultura, 9., 2001, Gramado/RS. p. 8-24.

SCHNEIDER, V. E;*et al.* Avaliação preliminar do consumo de água pelo rebanho suíno na região do COREDE-Serra- Rio Grande do Sul. **In:** Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24, Belo Horizonte/MG, 2007.

SEAPA. SECRETARIA ESTADUAL DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DO RIO GRANDE DO SUL. **Informações sobre o rebanho suíno no COREDE-Serra**. 2012.

SEPLAG. Secretaria de Planejamento, Gestão e Participação Cidadã. **Atlas socioeconômico Rio Grande do Sul. Suínos**. 2013.

WORLD BANK. *Where is the Wealth of Nations? Measuring Capital in the 21st Century*. Washington DC: The World Bank, 2006.

WWAP – WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME. The *United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. WWAP, UNESCO, 2009.

APÊNDICE I: CÁLCULO DA GERAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS E GERAÇÃO DE FÓSFORO

Tabela - Cálculo da geração de dejetos suínos e geração de fósforo.

Dias	Peso do suínos cumulativo	Dejetos gerados a cada fase (kg dia⁻¹)	Fósforo Total (kg dia⁻¹)
163	110,925	9,318	0,0200
162	110,251	9,261	0,0198
161	109,578	9,205	0,0197
160	108,904	9,148	0,0196
159	108,231	9,091	0,0195
158	107,557	9,035	0,0194
157	106,883	8,978	0,0192
156	106,210	8,922	0,0191
155	105,536	8,865	0,0190
154	104,863	8,808	0,0189
153	104,189	8,752	0,0188
152	103,515	8,695	0,0186
151	102,842	8,639	0,0185
150	102,168	8,582	0,0184
149	101,494	8,526	0,0183
148	100,821	8,469	0,0181
147	100,147	8,412	0,0180
146	99,474	8,356	0,0179
145	98,800	8,299	0,0178
144	98,126	8,243	0,0177
143	97,453	8,186	0,0175
142	96,779	8,129	0,0174
141	96,106	8,073	0,0173
140	95,432	8,016	0,0172
139	94,758	7,960	0,0171
138	94,085	7,903	0,0169
137	93,411	7,847	0,0168
136	92,738	7,790	0,0167
135	92,064	7,733	0,0166
134	91,390	7,677	0,0165
133	90,717	7,620	0,0163
132	90,043	7,564	0,0162
131	89,369	7,507	0,0161
130	88,696	7,450	0,0160
129	88,022	7,394	0,0158
128	87,349	7,337	0,0157
127	86,675	7,281	0,0156
126	86,001	7,224	0,0155
125	85,328	7,168	0,0154
124	84,654	7,111	0,0152
123	83,981	7,054	0,0151
122	83,307	6,998	0,0150
121	82,633	6,941	0,0149

120	81,960	6,885	0,0148
119	81,286	6,828	0,0146
118	80,613	6,771	0,0145
117	79,939	6,715	0,0144
116	79,265	6,658	0,0143
115	78,592	6,602	0,0141
114	77,918	6,545	0,0140
113	77,244	6,489	0,0139
112	76,571	6,432	0,0138
111	75,897	6,375	0,0137
110	75,224	6,319	0,0135
109	74,550	6,262	0,0134
108	73,876	6,206	0,0133
107	73,203	6,149	0,0132
106	72,529	6,092	0,0131
105	71,856	6,036	0,0129
104	71,182	5,979	0,0128
103	70,508	5,923	0,0127
102	69,835	5,866	0,0126
101	69,161	5,810	0,0124
100	68,488	5,753	0,0123
99	67,814	5,696	0,0122
98	67,140	5,640	0,0121
97	66,467	5,583	0,0120
96	65,793	5,527	0,0118
95	65,119	5,470	0,0117
94	64,446	5,413	0,0116
93	63,772	5,357	0,0115
92	63,099	5,300	0,0114
91	62,425	5,244	0,0112
90	61,751	5,187	0,0111
89	61,078	5,131	0,0110
88	60,404	5,074	0,0109
87	59,731	5,017	0,0108
86	59,057	4,961	0,0106
85	58,383	4,904	0,0105
84	57,710	4,848	0,0104
83	57,036	4,791	0,0103
82	56,363	4,734	0,0101
81	55,689	4,678	0,0100
80	55,015	4,621	0,0099
79	54,342	4,565	0,0098
78	53,668	4,508	0,0097
77	52,994	4,452	0,0095
76	52,321	4,395	0,0094
75	51,647	4,338	0,0093
74	50,974	4,282	0,0092

73	50,300	4,225	0,0091
72	49,626	4,169	0,0089
71	48,953	4,112	0,0088
70	48,279	4,055	0,0087
69	47,606	3,999	0,0086
68	46,932	3,942	0,0084
67	46,258	3,886	0,0083
66	45,585	3,829	0,0082
65	44,911	3,773	0,0081
64	44,238	3,716	0,0080
63	43,564	3,659	0,0078
62	42,890	3,603	0,0077
61	42,217	3,546	0,0076
60	41,543	3,490	0,0075
59	40,869	3,433	0,0074
58	40,196	3,376	0,0072
57	39,522	3,320	0,0071
56	38,849	3,263	0,0070
55	38,175	3,207	0,0069
54	37,501	3,150	0,0068
53	36,828	3,094	0,0066
52	36,154	3,037	0,0065
51	35,481	2,980	0,0064
50	34,807	2,924	0,0063
49	34,133	2,867	0,0061
48	33,460	2,811	0,0060
47	32,786	2,754	0,0059
46	32,113	2,697	0,0058
45	31,439	2,641	0,0057
44	30,765	2,584	0,0055
43	30,092	2,528	0,0054
42	29,418	2,471	0,0053
41	28,744	2,415	0,0052
40	28,071	2,358	0,0051
39	27,397	2,301	0,0049
38	26,724	2,245	0,0048
37	26,050	2,188	0,0047
36	25,376	2,132	0,0046
35	24,703	2,075	0,0044
34	24,029	2,018	0,0043
33	23,356	1,962	0,0042
32	22,682	1,905	0,0041
31	22,008	1,849	0,0040
30	21,335	1,792	0,0038
29	20,661	1,736	0,0037
28	19,988	1,679	0,0036
27	19,314	1,622	0,0035

26	18,640	1,566	0,0034
25	17,967	1,509	0,0032
24	17,293	1,453	0,0031
23	16,619	1,396	0,0030
22	15,946	1,339	0,0029
21	15,272	1,283	0,0027
20	14,599	1,226	0,0026
19	13,925	1,170	0,0025
18	13,251	1,113	0,0024
17	12,578	1,057	0,0023
16	11,904	1,000	0,0021
15	11,231	0,943	0,0020
14	10,557	0,887	0,0019
13	9,883	0,830	0,0018
12	9,210	0,774	0,0017
11	8,536	0,717	0,0015
10	7,863	0,660	0,0014
9	7,189	0,604	0,0013
8	6,515	0,547	0,0012
7	5,842	0,491	0,0011
6	5,168	0,434	0,0009
5	4,494	0,378	0,0008
4	3,821	0,321	0,0007
3	3,147	0,264	0,0006
2	2,474	0,208	0,0004
1	1,800	0,151	0,0003
total		771,715	1,6537

**ANEXO 1: COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA O
PERIÓDICO “AMBIENTE & ÀGUA”**

[Ambi-Agua] Agradecimento pela Submissão 1688 no Sistema da Ambi-Agua

Getulio Telxela Batista <ambi.agua@gmail.com>
Para: Sofia Helena Zanella Carra <shzcarra@ucs.br>

22 de junho de 2015 18:20

Sofia Helena Zanella Carra,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Water footprint of pigs slaughtered in the northeast region of Rio Grande do Sul State – Brazil" para *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*. Lembre-se que primamos por uma editoração rápida, porém, não nos comprometemos com prazos para concluir a avaliação de sua submissão.

URL do Manuscrito:

<http://www.ambi-agua.net/seen/index.php/ambi-agua/author/submission/1688>

Login: shzcarra4085

Toda comunicação para: ambi.agua@gmail.com mencionando sempre o número do artigo.

OBSERVAÇÃO IMPORTANTE:

1) Sua submissão só estará completa e, portanto só será processada após o pagamento da Taxa de Submissão. Ainda não enviou o recibo? Entre novamente no sistema e como autor, na aba RESUMO, clique em INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR, Escolher arquivo (o recibo) e salvar.

2) Faça o mesmo para a Carta de Apresentação, em formato de texto, não em pdf.

3) Preencha o formulário:

https://docs.google.com/forms/d/1pJIVY_Fmf00uZyFmxeqjNV0xTDdEEghgA8dQrFhXZY/viewform?usp=send_form

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

Getulio Telxela Batista
Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science


B1 no Qualis CAPES. Indexada no Scielo e SCOPUS

<http://www.scielo.br/ambiagua>
Prof. Dr. Getulio T. Batista
Editor da Revista *Ambiente & Água*
<http://www.scielo.br/ambiagua>

#1688 Sumário

[RESUMO](#) [AVALIAÇÃO](#) [EDIÇÃO](#)

Submissão

Autores	Sofia Helena Zanella Carra, Vania Elisabete Schneider	
Título	Water footprint of pigs slaughtered in the northeast region of Rio Grande do Sul State – Brazil	
Documento Original	1688-10626-2-SM.DOCX 22-06-2015	
Doc. Sup.	1688-10629-1-SP.DOCX 22-06-2015	INCLUIR DOCUMENTO SUPLEMENTAR
	1688-10630-1-SP.DOCX 22-06-2015	
	1688-10631-1-SP.JPG 22-06-2015	
Submetido por	Sofia Helena Zanella Carra 	
Data de submissão	June 22, 2015 - 06:20 PM	
Seção	Artigos	
Editor	Nenhum(a) designado(a)	
Comentários do Autor	Boa tarde. O artigo aqui submetido pode contribuir com o entendimento sobre a metodologia da pegada hídrica, o que o torna de interesse científico.	



Situação

Situação	Aguardando designação
Iniciado	22-06-2015
Última alteração	22-06-2015

Metadados da Submissão

[EDITAR METADADOS](#)

Autores

Nome	Sofia Helena Zanella Carra 
Instituição	Universidade de Caxias do Sul
País	Brasil
Resumo da Biografia	Graduada em Engenharia Ambiental pela Universidade de Caxias do Sul (2012). Mestranda em Engenharia e Ciências Ambientais na Universidade de Caxias do Sul. Aluna do MBA em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental no Instituto de Pós-Graduação - IPOG. Bolsista de iniciação científica junto ao Instituto de Saneamento Ambiental (ISAM) na Universidade de Caxias do Sul.
Contato Principal para correspondência.	
Nome	Vania Elisabete Schneider 
Instituição	Universidade de Caxias do Sul
País	Brasil
Resumo da Biografia	Graduada em Licenciatura Plena e Bacharelado em Biologia pela Universidade de Caxias do Sul (1989); Especialista em Metodologia da Pesquisa e do Ensino Superior - Área de Concentração: Educação Ambiental; Mestre em Engenharia Civil - Área de Concentração - Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Estadual de Campinas (1994); Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2005). Professora Titular e Diretora do Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul;

**ANEXO2: COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DE ARTIGO PARA O
PERIÓDICO “SCIENTIA CUM INDUSTRIA”**

[SCI] Agradecimento pela Submissão

De: SCIENTIA CUM INDUSTRIA (scientiacumindustria@gmail.com)

Enviada: quinta-feira, 2 de julho de 2015 00:05:47

Para: Sofia Helena Zanella Carra (sofi_carra@hotmail.com)

Sofia Helena Zanella Carra,

Agradecemos a submissão do seu manuscrito "Gray water footprint of pigs slaughtered in Corede Serra/RS - Brazil" para SCIENTIA CUM INDUSTRIA. Através da interface de administração do sistema, utilizado para a submissão, será possível acompanhar o progresso do documento dentro do processo editorial, bastando logar no sistema localizado em:

URL do Manuscrito:

<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/author/submission/3570>

Login: shzcarra

Em caso de dúvidas, envie suas questões para este email. Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de transmitir ao público seu trabalho.

SCIENTIA CUM INDUSTRIA

SCIENTIA CUM INDUSTRIA

SCIENTIA CUM INDUSTRIA -scientiacumindustria@gmail.com

<http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria>

<https://twitter.com/scientiacumIndu>

<http://www.facebook.com/pages/Scientia/156815004473975>

ANEXO 3: OUTROS ARTIGOS PUBLICADOS