

**ANÁLISES DESCRITIVAS DOS VALORES MÉDIOS E ABSOLUTOS DO
BALANÇO ENTRE A PRECIPITAÇÃO E A EVAPORAÇÃO POTENCIAL PARA O
DIMENSIONAMENTO DE ESTERQUEIRAS NA SUINOCULTURA**

Vito Henrique Pisetta **Rudeck**¹, Claudia Guimarães Camargo **Campos**², Daiana **Petry**
Rufato³, José **Cristani**⁴

(1 – Universidade do Estado de Santa Catarina, vtorudeck@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9340-0406>; 2 – Universidade do Estado de Santa Catarina, claudia.campos@udesc.br, <https://orcid.org/0000-0001-5010-1895>; 3 – Universidade do Estado de Santa Catarina, daiana.petry@udesc.br, <https://orcid.org/0000-0003-0541-3253>; 4 – Universidade do Estado de Santa Catarina, jose.cristani@udesc.br, <https://orcid.org/0000-0002-9035-5950>)

Resumo: O correto dimensionamento de sistemas de armazenamento de dejetos líquidos suínos é fundamental para a operação de uma atividade sustentável, evitando assim, possíveis subdimensionamentos e potenciais extravasamentos de esterqueiras. O objetivo deste trabalho foi comparar os valores absolutos e médios, do somatório do balanço entre a precipitação crítica mensal e a evaporação crítica mensal, da série histórica, de oito cidades catarinenses, nos quatro meses sequenciais mais críticos do ano, verificando as implicações no cálculo do volume de segurança em esterqueiras. Observou-se que todas as cidades tiveram volumes consideravelmente superiores aos mencionados na atual recomendação do cálculo do volume de segurança. Conclui-se que, considerando situações meteorológicas extremas, o cálculo do volume de segurança de sistemas de armazenamento de dejetos suínos poderá sofrer mudanças nos valores de referência recomendado hoje, trazendo mais segurança neste importante controle ambiental e reduzindo o problema de subdimensionamento de esterqueiras. Ainda, recomenda-se por meio deste trabalho, uma atualização nos parâmetros estabelecidos na Resolução CONSEMA n.º 143/2019 e Instrução Normativa n.º 11 do órgão ambiental catarinense.

Palavras-chave: Suinocultura; Esterqueiras; Dimensionamento.

DESCRIPTIVE ANALYZES OF THE AVERAGE AND ABSOLUTE VALUES OF THE BALANCE BETWEEN PRECIPITATION AND POTENTIAL EVAPORATION FOR THE SIZING OF MANURE PITS IN SWINE CULTURE

Abstract: The correct dimensioning of pig manure storage systems is essential for the operation of a sustainable activity, thus avoiding possible undersizing and potential spillage of manure. The objective of this work was to compare the absolute and average values of the sum of the balance between the monthly critical precipitation and the monthly critical evaporation, from the historical series, of eight cities in Santa Catarina, in the four most critical sequential months of the year, verifying the implications in the calculation of the safety volume in manure pits. It was observed that all the cities had volumes considerably higher than those mentioned in the current recommendation for calculating the safety volume. It is concluded that, considering extreme meteorological situations, the calculation of the safety volume of swine manure storage systems may undergo changes in the reference values recommended today, providing more security to this important environmental control and reducing the problem of undersizing manurepits. In addition, through this work, an update on the parameters established in CONSEMA Resolution No. 143/2019 and Normative Instruction No. 11 of the Santa Catarina environmental agency is recommended.

Keywords: Swine Culture; Manure Pits; Sizing.

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS VALORES PROMEDIO Y ABSOLUTOS DEL BALANCE ENTRE PRECIPITACIÓN Y EVAPORACIÓN POTENCIAL PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE BALSAS DE PURINES EN LA PORCICULTURA

Resumen: El correcto dimensionamiento de los sistemas de almacenamiento de purines porcinos es fundamental para el funcionamiento de una actividad sostenible, evitando así posibles subdimensionamientos y potenciales desbordamientos de las balsas de purines. El objetivo de este estudio fue comparar los valores absolutos y promedio de la suma del balance entre precipitación crítica mensual y la evaporación crítica mensual, a partir de las series históricas, de ocho ciudades de Santa Catarina, en los cuatro meses secuenciales más críticos del año, comprobando las implicaciones en el cálculo del volumen de seguridad en balsas de purines. Se observó que todas las ciudades tenían volúmenes considerablemente superiores a los mencionados en la recomendación actual para el cálculo del volumen de seguridad. Se concluye que, considerando situaciones meteorológicas extremas, el cálculo del volumen de

seguridad de los sistemas de almacenamiento de estiércol porcino podría modificarse respecto a los valores de referencia recomendados en la actualidad, aportando más seguridad en este importante control medioambiental y reduciendo el problema de las balsas de purines de tamaño insuficiente. Este trabajo también recomienda la actualización de los parámetros establecidos en la Resolución CONSEMA n° 143/2019 y la Instrucción Normativa n° 11 de la agencia ambiental de Santa Catarina.

Palabras clave: Porcicultura; Balsas de Purines; Dimensionamiento.

1 Introdução

Presente em várias regiões do globo, a suinocultura é uma atividade de suma importância socioeconômica (Galvão et al., 2019). Atualmente, a carne suína é a mais consumida em todo o mundo, inclusive, a frente da carne de aves (Govoni et al., 2022). No entanto, devido ao crescimento populacional, bem como a alteração nos padrões de consumo, existe a previsão de aumento na procura mundial de alimentos (Woonwong et al., 2020). Sendo a carne suína considerada uma importante proteína de origem animal, um aumento de produção ambientalmente sustentável se faz necessária. A importância socioeconômica da suinocultura é notória, no entanto, é fundamental elencar os impactos negativos que esta atividade pode gerar. A atividade da suinocultura gera uma elevada quantidade de dejetos em seu processo produtivo, causando desconfiância da população em geral, pois, em princípio, consistiria na geração de impactos ao meio ambiente (Cantão et al., 2020).

Devido a crescente expansão da atual suinocultura, a grande quantidade de dejetos descartados de maneira errada pode acarretar impactos ambientais relevantes (dos Santos et al., 2022), tais como: manejo dos dejetos (fezes e urinas); a restos da alimentação consumidas pelos suínos, que se não tiverem o tratamento adequado trazem grandes danos ambientais; produção de resíduos; emissões de poluentes, entre outros (Lima et al., 2021).

Com o intuito de minimizar os impactos negativos nos processos de produção agrícola e industrial, o desenvolvimento sustentável caracteriza-se pelo comprometimento com o meio ambiente (Silva et al., 2023). A suinocultura moderna, exige dos técnicos e suinocultores envolvidos no sistema, práticas e operações que tornem a atividade sustentável, seja no âmbito social, econômico e ambiental. Grandes mudanças têm ocorrido nas últimas décadas com relação à produção animal, principalmente na tendência relacionada à mudança para

grandes operações, em confinamento e em empresas comerciais (López-Pacheco et al., 2021). Um exemplo, é o uso do dejetos suíno como um grande potencial de emprego como fertilizante na agricultura, inclusive, pode substituir a adubação química de forma total ou parcial devido sua composição, elevando a produtividade associada a redução de custos da produção (D'Aquino et al., 2019).

Para o tratamento dos dejetos da suinocultura na atualidade, são utilizadas técnicas de processos físicos, químicos e biológicos com o intuito da redução do volume de poluentes presentes nos mesmos (Leitão et al., 2020).

O extravasamento de esterqueiras e a aplicação de dejetos em excesso no solo, são exemplos de manejo impróprio de resíduos provenientes da suinocultura, capaz de contaminar rios por meio da eutrofização, aumento de concentrações de íon de nitrato em lençóis subterrâneos, saturação de nutrientes e introdução patógenos no solo, além de problemas relacionados a qualidade do ar através de emissões gasosas (Kunz et al., 2005). Diante desse fato, o correto dimensionamento de estruturas de armazenamento de dejetos é crucial para um sistema de produção sustentável.

A fim de conciliar os exercícios das atividades de interesse econômico e ajustar as condutas do ser humano, o licenciamento ambiental assume esse objetivo com a conservação da qualidade do meio ambiente (Granziera & Rei, 2022).

No Estado de Santa Catarina, a Resolução CONSEMA Nº 143/2019, estabelece, para fins de licenciamento ambiental da suinocultura em território catarinense, critérios a serem seguidos no procedimento administrativo. Neste mesmo sentido, a Instrução Normativa nº 11 (IN11) do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA), padroniza os procedimentos e documentação necessária para o licenciamento ambiental das diversas modalidades de produção suinícola em Santa Catarina.

De acordo com o anexo presente na Resolução CONSEMA Nº 143/2019, para a recomendação técnica objetivando o dimensionamento de sistemas de armazenamento de dejetos suínos, a fim de calcular o volume de segurança do sistema, é necessário conhecer o balanço entre o somatório das médias entre a precipitação crítica (mm) e a evaporação crítica (mm), dos quatro meses sequenciais (considerando a série histórica) para municípios representativos de mesorregiões catarinenses.

Sendo que os valores de referência para o cálculo de dimensionamento do volume de segurança nos sistemas de armazenamento de dejetos são obtidos por meio de valores médios de precipitação crítica (mm) e a evaporação crítica (mm), um estudo com os valores absolutos (somatórios totais) se mostra importante para a verificação das implicações do memorial de cálculo proposto.

Diante de eventos climáticos extremos, potencializados pelas mudanças climáticas em curso, o presente estudo justifica-se para uma melhor compreensão no que tange ao dimensionamento de sistemas de armazenamento de dejetos suínos, uma vez que, os valores médios podem não corresponder com a realidade encontrada em campo, podendo ocorrer, por exemplo, o subdimensionamento do sistema.

2 Material e métodos

Foram selecionadas oito (08) cidades catarinenses constantes no ANEXO 3 da Resolução CONSEMA Nº 143/2019, para a comparação do somatório dos valores médios da precipitação crítica (mm) e evaporação crítica (mm) com os valores absolutos dos parâmetros avaliados.

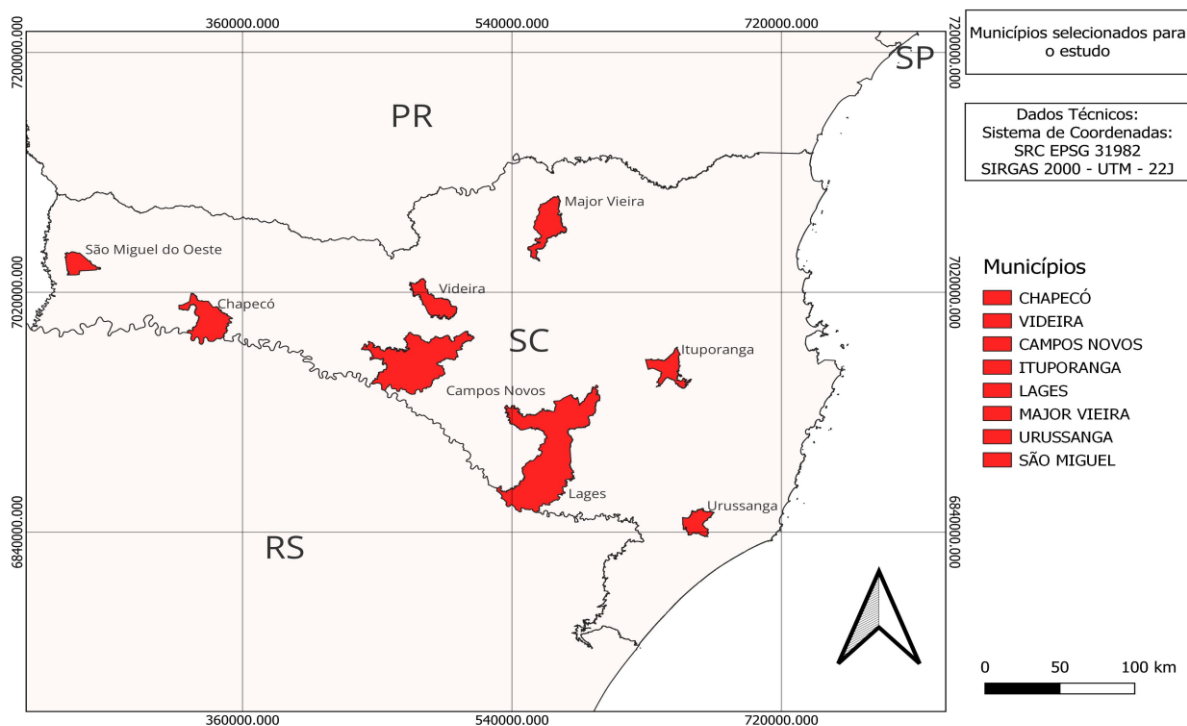
A seleção dos municípios ocorreu de acordo com a sua representatividade, tanto regional quanto com a produção suinícola. Desta forma, os municípios que farão parte da análise serão: Chapecó, São Miguel do Oeste e Videira representado a Mesorregião Oeste catarinense; Major Viera representando a Mesorregião Norte catarinense; Lages e Campos Novos na Mesorregião Serrana; Ituporanga representado a Mesorregião do Vale do Itajaí; e Urussanga da Mesorregião Sul catarinense (Figura 1).

Com relação a classificação climática Segundo Köppen (1948), São Miguel do Oeste, Chapecó, Ituporanga e Urussanga possuem a classificação de clima Cfa, clima mesotérmico húmido. Neste mesmo sentido, os municípios de Videira, Major Viera, Campos Novos e Lages são classificados como Cfb (Köppen, 1948), tendo verão temperado e clima temperado úmido.

A respeito da representatividade na produção de suínos, o município de São Miguel do Oeste, localizado na Mesorregião Oeste catarinense, destaca-se pela importância suinícola no estado de Santa Catarina. Por sua vez, Chapecó ocupa a 19ª posição em tamanho do rebanho (cabeças) de suínos em Santa Catarina (IBGE, 2021). Ainda pertencente a Mesorregião Oeste de Santa Catarina, o município de Videira destaca-se por ter o quarto maior rebanho de suínos

(cabeças) dentro do estado catarinense (IBGE, 2021).

Figura 1 - Municípios catarinenses selecionados para a análise os dados meteorológicos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023), por meio do software QGIS.

Representando a Mesorregião Norte catarinense, o município de Major Vieira está localizado em uma região que segundo dados recentes, a expressividade da suinocultura vem crescendo de maneira acentuada, uma vez que não era uma atividade exercida de forma tradicional (Vargas & Pedrassani, 2020). Campos Novos e Lages estão presentes na Mesorregião Serrana de Santa Catarina, com destaque no tamanho de rebanho (cabeças) de suínos para Campos Novos, ocupando a segunda posição no estado catarinense (IBGE, 2021).

Por fim, o município de Urussanga localizado na Mesorregião Sul de Santa Catarina, apresenta como peculiaridade climática chuvas distribuídas ao longo do ano e verão quente. Cabe salientar que o município com o maior rebanho (cabeças) de suíno em Santa Catarina é Braço do Norte (IBGE, 2021), localizado na mesma mesorregião de Urussanga.

Para a análise a ser realizada, foram utilizados os dados históricos das estações meteorológicas da Epagri/Ciram nos municípios mencionados, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Relação de estações meteorológicas da Epagri/Ciram utilizadas no estudo.

Estações Meteorológicas	LONG/LAT	Período de Análise
Campos Novos	-27,39 / -51,22	01/10/1986 a 30/11/2016
Chapecó	-27,10/ -52,64	01/01/1986 a 30/11/2016
Ituporanga	-27,42 / -49,65	02/01/1986 a 30/11/2016
Lages	-27,81 / -50,33	01/01/1987 a 30/09/2013
Major Vieira	-26,37 /-50,34	01/01/1988 a 30/11/2006
São Miguel do Oeste	-26,78 / -53,51	01/02/1992 a 30/09/2014
Urussanga	-28,54 / -49,32	01/01/1988 a 07/07/2016
Videira	-27,03 / -51,15	02/10/1986 a 30/11/2016

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Segundo a Resolução CONSEMA N° 143/2019, para fins da determinação do somatório das médias entre a evaporação crítica e precipitação crítica dos quatro meses sequenciais da série histórica de municípios dotados de estação meteorológica, representativos de Mesorregiões do Estado catarinense, devem possuir dados históricos maiores que dez anos.

Cada estação estudada possui características próprias, tais como início da operação, final da mensuração de evaporação potencial, dentre outras. Cabe salientar que as estações meteorológicas possuem datas distintas da série histórica, sempre respeitando o prazo mínimo de dez anos consecutivos.

Para fins de determinação da série histórica a ser estudada, considerou-se, no mínimo, 90% de dados completos de forma simultânea entre a evaporação e a precipitação de cada mês e ano, sendo descartado meses com ausência destes requisitos.

Após a compilação dos dados de cada estação meteorológica estudada, foi mensurado o somatório dos valores absolutos de precipitação e evaporação, ou seja, os quatro meses sequenciais da série histórica que possuem os maiores valores entre o balanço destas duas variáveis meteorológicas, comparando com os valores médios expostos na Resolução CONSEMA N° 143/2019 e IN11 do IMA, verificando as implicações nos cálculos de dimensionamento de sistemas de armazenamento de dejetos líquidos suínos.

Os dados entre o somatório, considerando as médias da precipitação crítica (mm) e da evaporação crítica (mm) registradas em estações da Epagri/Ciram, nos quatro meses sequenciais mais críticos da série histórica dos municípios selecionados para o presente estudo, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Balanço entre o somatório das médias de precipitação (mm) e evaporação

(mm) dos quatro meses sequenciais mais críticos da série histórica de municípios do Estado de Santa Catarina.

Municípios	Σ Prec	Σ Evap.	Balanco	Período
			(BAL_PE)	
metros				
Campos Novos	0,682	0,327	0,355	ABR-JUL
Chapecó	0,671	0,345	0,326	ABR-JUL
Ituporanga	0,592	0,312	0,280	JUL-OUT
Lages	0,597	0,339	0,258	JUL-OUT
Major Vieira	0,565	0,272	0,293	JUL-OUT
São Miguel do Oeste	0,714	0,394	0,321	MAR-JUN
Videira	0,784	0,495	0,289	ABR-JUL
Urussanga	0,685	0,443	0,242	DEZ-MAR

Fonte: Elaborado pelos autores (2023), adaptada da IN11 do IMA (2021).

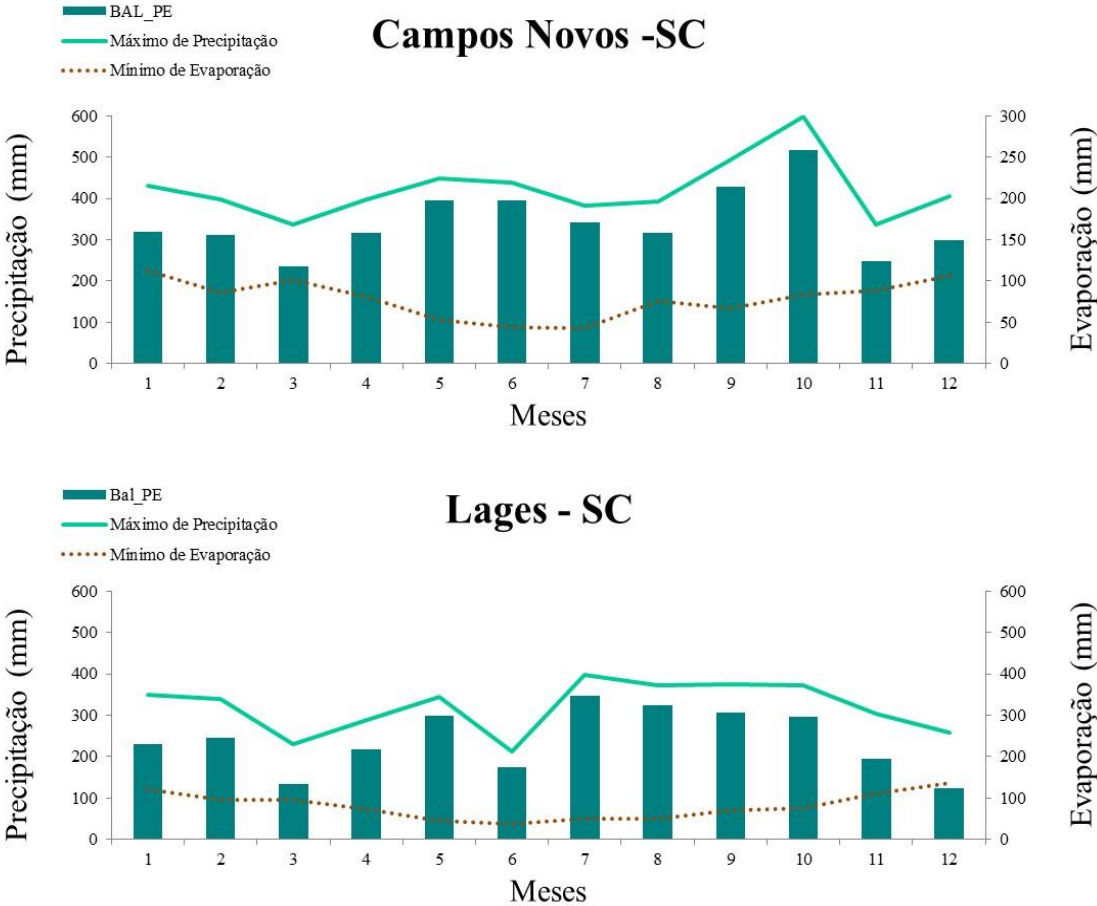
3 Resultados e discussão

As análises foram realizadas considerando a representatividade dos municípios catarinenses selecionados, seja pelo aspecto regional, quanto com a produção suinícola, levando em conta as cidades presentes na Resolução CONSEMA Nº 143/2019 e IN11 do IMA. Para fins de análise comparativa, oito cidades foram avaliadas. Os dados são provenientes de estações meteorológicas da EPAGRI/Ciram.

3.1 Padrões Climatológicos de Precipitação e Evaporação

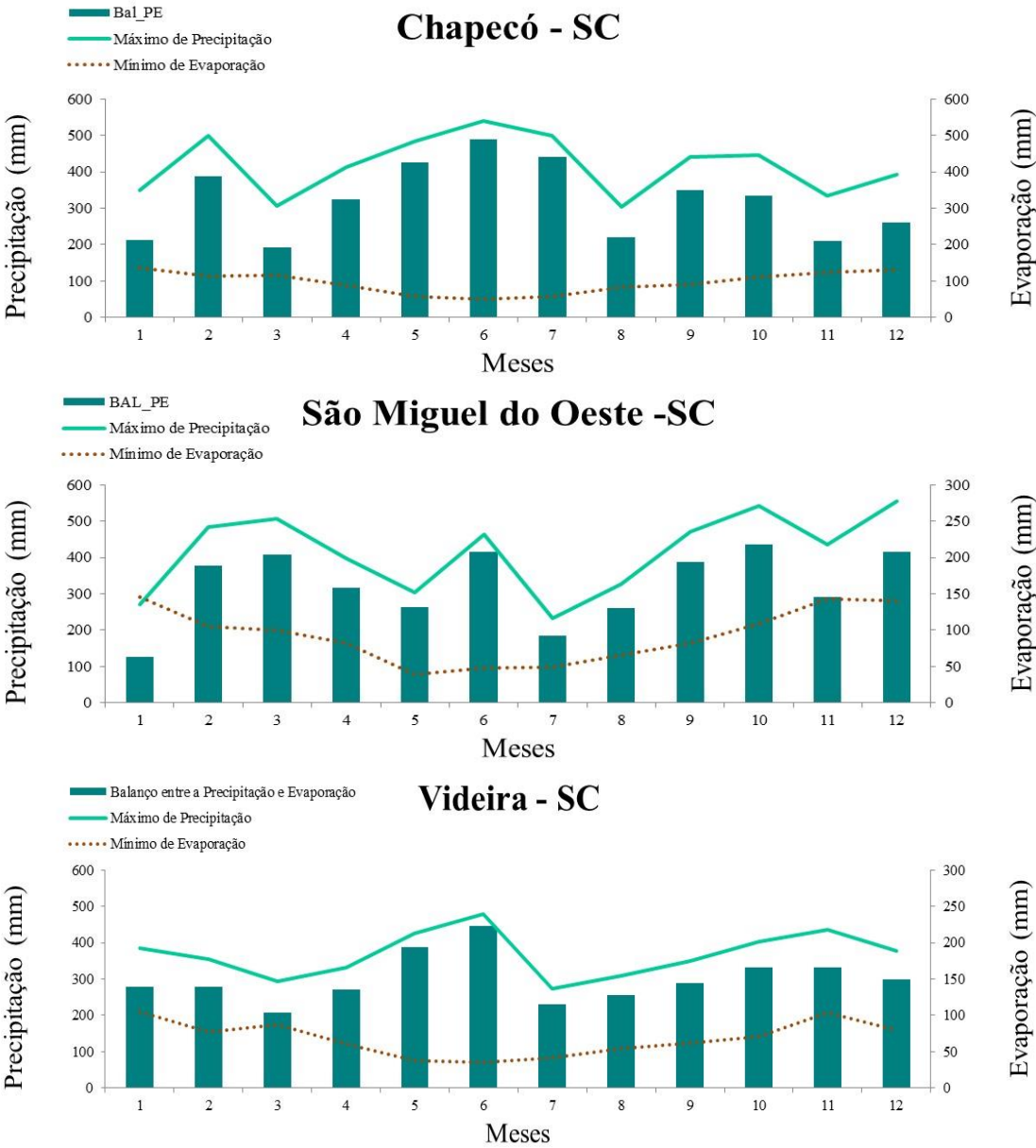
Com relação aos valores absolutos, ou seja, o somatório dos valores máximos de precipitação (mm) e dos mínimos de evaporação (mm) do período avaliado, sem considerar a análise simultânea dos mesmos (valores máximos de precipitação em diferentes anos dos mínimos de evaporação), podem ser observados através das Figuras 2 a 6, sendo o comportamento mensal, em cada mês, da precipitação máxima (linha pontilhada), evaporação mínima (linha contínua) e do balanço entre as mesmas (barras).

Figura 2 - Comportamento dos valores absolutos de Precipitação Máxima, Evaporação Mínima e do balanço entre as duas variáveis (mm) das séries históricas das cidades localizadas na Mesorregião Serrana catarinense.



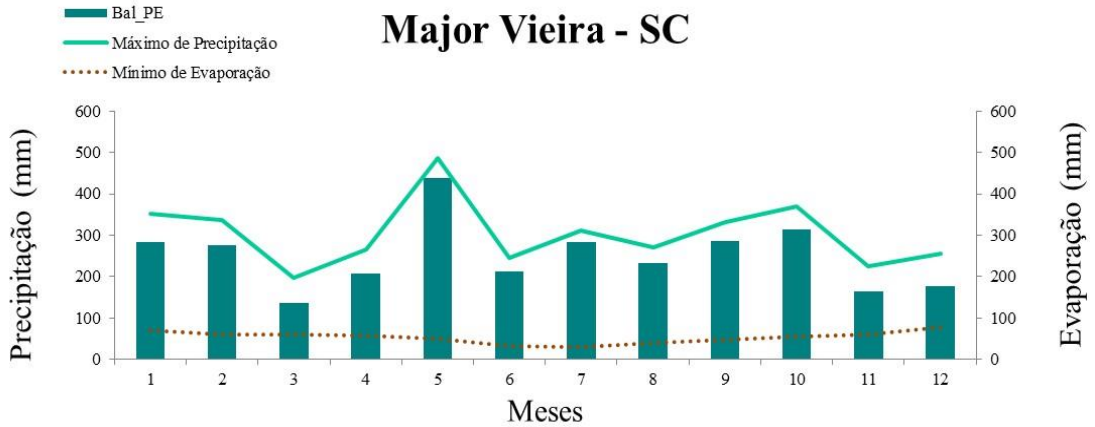
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 3 - Comportamento dos valores absolutos de Precipitação Máxima, Evaporação Mínima e do balanço entre as duas variáveis (mm) das séries históricas das cidades localizadas na Mesorregião Oeste catarinense.



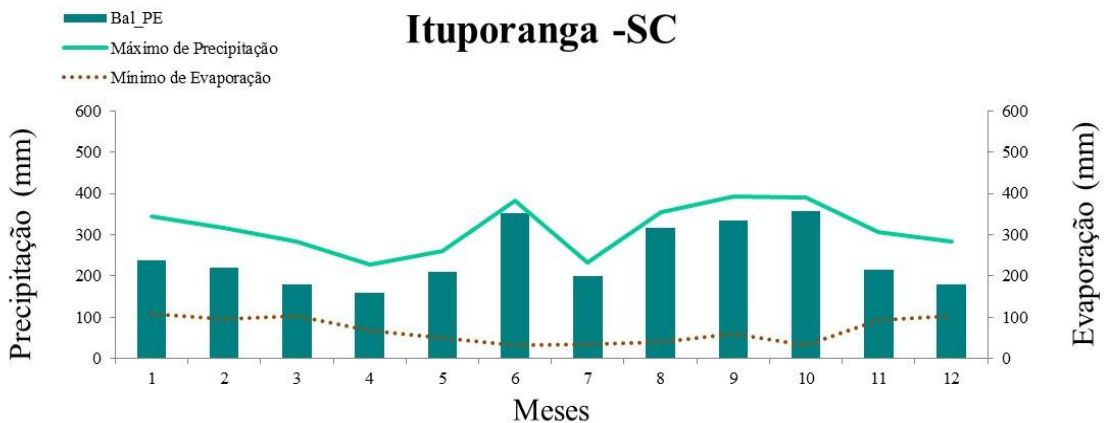
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 4 - Comportamento dos valores absolutos de Precipitação Máxima, Evaporação Mínima e do balanço entre as duas variáveis (mm) das séries históricas da cidade localizada na Mesorregião Norte catarinense.



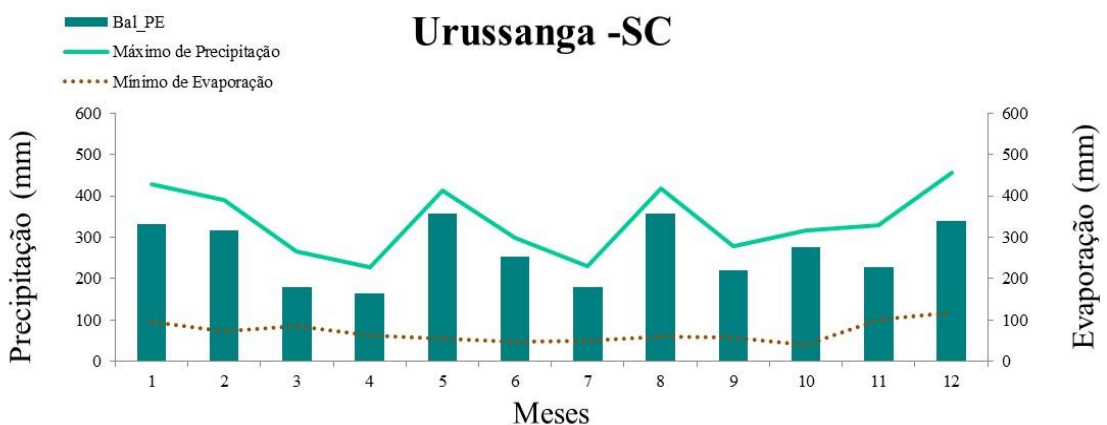
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 5 - Comportamento dos valores absolutos de Precipitação Máxima, Evaporação Mínima e do balanço entre as duas variáveis (mm) das séries históricas da cidade localizada na Mesorregião do Vale do Itajaí.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Figura 6 - Comportamento dos valores absolutos de Precipitação Máxima, Evaporação Mínima e do balanço entre as duas variáveis (mm) das séries históricas da cidade localizada na Mesorregião Sul catarinense.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

As Figuras demonstram o comportamento do somatório dos valores máximos de precipitação, mínimos de evaporação potencial e o balanço das duas variáveis, sem considerar que ocorram no mesmo período. Por meio desta análise efetuada, é possível observar que o comportamento do somatório do balanço entre a máxima precipitação e mínima evaporação potencial (BAL_PE) supera os valores médios descritos como referência.

De qualquer forma, para uma análise mais precisa, será avaliado o comportamento entre o BAL_PE de forma simultânea dentro da série histórica, verificando os valores absolutos.

3.2 Análise comparativa dos somatórios dos valores máximos e médios do BAL_PE nas séries históricas dos oito municípios catarinenses

Por meio das análises comparativas entre os valores absolutos do BAL_PE nos municípios avaliados, considerando o mesmo período sequencial dos valores de referência, todos apresentam valores significativos quando comparados aos somatórios dos valores médios do balanço entre a precipitação e a evaporação. Através da Tabela 3 é possível verificar as diferenças e os períodos que foram registrados.

Tabela 3 - Comparação entre os valores de balanço de precipitação e evaporação crítica (mm) dos quatro meses sequenciais mais críticos, considerando o somatório das médias e valores absolutos.

Localidade	Bal_PE - (mm) (Res. CONSEMA 143/19)	Bal_PE - (mm) (Valores absolutos)
Campos Novos	354,62 (abril a julho)	731,7 (abril a julho de 2005)
Chapecó	326,44 (abril a julho)	882,9 (abril a julho de 2014)
Ituporanga	27,62 (julho a setembro)	635,4 (julho a outubro de 2005)
Lages	258,34 (julho a setembro)	733,7 (julho a outubro de 2009)
Major Vieira	291,40 (julho a setembro)	717,8 (julho a outubro de 1998)
São Miguel do Oeste	320,70 (março a junho)	813,6 (março a junho de 2014)
Urussanga	288,64 (dezembro a março)	783,3 (dez. de 1995 a fev. de 1996)
Videira	313,17 (abril a julho)	618,5 (abril a julho de 1990)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Conforme observado, além de os valores dos somatórios absolutos do BAL_PE serem significativamente superior quando comparados com os somatórios das médias, tanto na

Resolução CONSEMA Nº 143/2019 quanto na IN11 do IMA, não é informado em qual período ocorreu os maiores valores do balanço entre a precipitação crítica e evaporação potencial crítica. Ressalta-se que foram considerados na análise o mesmo período sequencial para fins de comparação, mesmo que ocorram períodos com valores do BAL_PE superiores fora dos meses sequenciais estipulados nos valores de referência.

Analisando de forma isolada os municípios selecionados da Mesorregião Oeste de Santa Catarina, Chapecó obteve um valor entre o somatório do balanço de precipitação crítica e evaporação crítica de 882,9 mm entre abril e julho de 2014, sendo superior em 170,46% em relação ao somatório das médias (326,44 mm) conforme descrito na Resolução CONSEMA Nº 143/2019. São Miguel do Oeste teve o maior valor do somatório de BAL_PE verificado foi de 813,6 mm de março a junho de 2014, sendo 153,69% superior ao valor informado na Resolução CONSEMA Nº 143/2019 de 320,70 mm. Não diferente das demais, em Videira observa-se, quando comparado ao somatório das médias de precipitação crítica e evaporação crítica, que o somatório dos valores absolutos fica 97,49% superior ao descrito na referida Resolução.

É possível observar as diferenças encontradas para os Municípios da Mesorregião Oeste, importante região produtora de suínos, no que se diz respeito a comparação do somatório do BAL_PE, precipitação máxima e evaporação mínima (absolutos), em comparação ao somatório das médias, por meio da Figura 7.

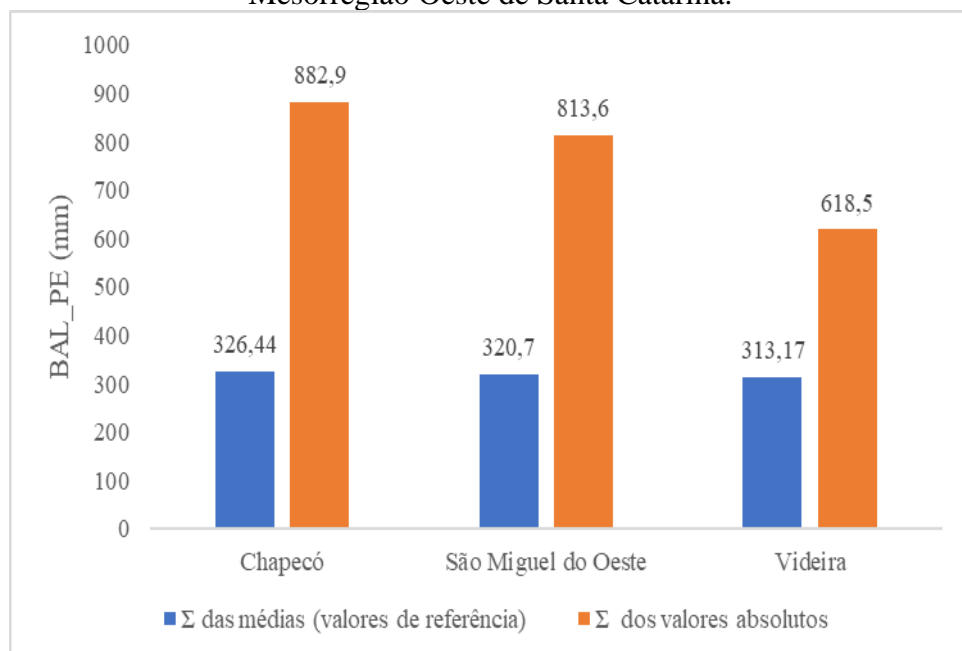
A Mesorregião Norte Catarinense, neste estudo representado pelo município de Major Vieira, os valores absolutos encontrados demonstram novamente que, quando utilizado o somatório dos valores ao invés do somatório da média, as mensurações de Bal_PE são consideravelmente maiores, podendo influenciar no cálculo do volume de segurança dos sistemas de armazenamento de dejetos. Cabe ainda salientar, que o período descrito na Resolução CONSEMA Nº 143/2019 representa apenas três meses, e não quatro conforme preconiza a norma.

Para o município de Major Vieira/SC, além do maior valor de BAL_PE encontrado (717,8 mm de julho a outubro de 1998), destaca-se valores como de agosto a novembro de 1997 (676,8 mm) e de maio a agosto de 1992 (668,4 mm).

Neste mesmo sentido, a mesorregião Serrana Catarinense obteve na análise comparativa o mesmo comportamento das outras cidades estudadas. Campos Novos, após a verificação de todo o período (01/10/1986 a 30/11/2016), obteve os valores de precipitação e

evaporação dos quatro meses sequenciais, sendo o maior valor do balanço entre as duas variáveis de 731,7 mm, de abril a julho de 2005, sendo mais que o dobro do valor do somatório das médias de a precipitação crítica (mm) e evaporação crítica (mm) de 354,62. Lages, no que tange aos valores absolutos encontrados, o somatório do BAL_PE crítico foi de 733,7mm entre os meses de julho a outubro de 2009 da série histórica estudada, sendo 184,00% superior ao verificado no somatório das médias descritos na Resolução CONSEMA 143/2019 (258,34 mm).

Figura 7 - Comparação entre os valores BAL_PE (mm) dos quatro meses sequenciais mais críticos, considerando o somatório das médias e valores absolutos dos municípios da Mesorregião Oeste de Santa Catarina.



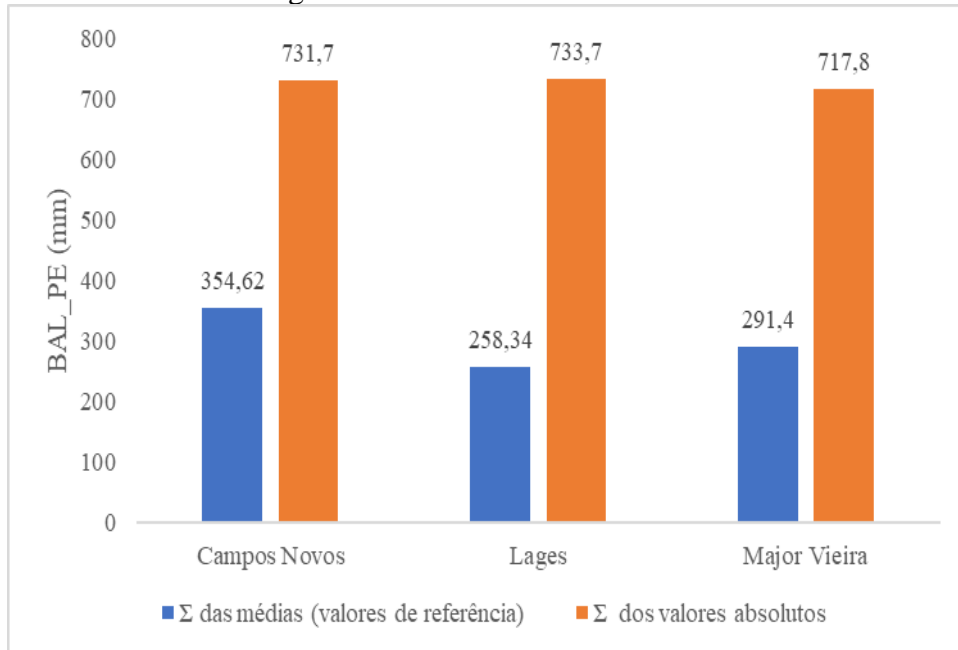
Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

É observado, ainda, que em Lages e Major Vieira o período sequencial da referida Resolução encontra-se de apenas três meses, sendo corrigido pela IN11 do IMA.

Os dados comparativos dos municípios da Mesorregião Serrana e Norte catarinense, podem ser analisados por meio da Figura 8.

Por fim, não menos importante, as Mesorregiões do Vale do Itajaí e Sul catarinense, obtiveram dentro da análise histórica dos municípios selecionados, o mesmo comportamento em valores superiores do BAL_PE absoluto.

Figura 8 - Comparação entre os valores de BAL_PE (mm) dos quatro meses sequenciais mais críticos, considerando o somatório das médias e valores absolutos do município da Mesorregião Serrana e Norte de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Ituporanga, no Vale do Itajaí, nos valores absolutos do somatório do balanço entre a precipitação e evaporação, observa-se que os quatro meses sequenciais mais críticos para fins de dimensionamento do volume de segurança da esterqueira, o maior Bal_PE encontrado foi de julho a outubro de 2005 (635,4 mm), muito próximo de outros meses sequenciais tais como de julho a outubro de 2009 (625,71 mm), e de julho a outubro de 2011 (612,8 mm).

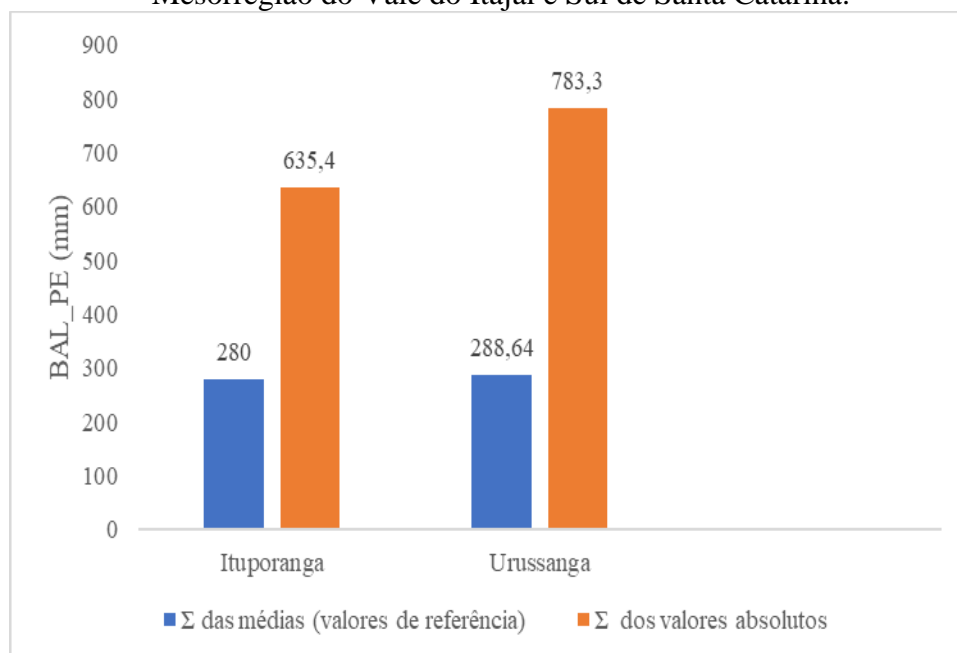
No que se refere ao período dos quatro meses sequenciais críticos no quesito de BAL_PE, de acordo com a análise dos valores absolutos dentro da série histórica para o município de Urussanga/SC, de dezembro de 1995 a março de 1996 obteve o maior valor somado, sendo de 783,3 mm, frente aos 288,64 mm de dezembro a março da referida Resolução.

Na Figura 9 é possível analisar a comparação do BAL_PE entre Mesorregião do Vale do Itajaí e Sul de Santa Catarina.

Importante salientar, que no decorrer da análise de Ituporanga, observou-se um erro na tabela anexa da Resolução do CONSEMA 143/2019, uma vez que o período descrito é de julho a setembro, totalizando três ao invés de quatro meses sequenciais. Outro ponto observado, é com relação ao valor descrito do Bal_PE, de apenas 27,62 mm, sendo,

possivelmente, um erro de digitação, visto que no Anexo 9 da IN11, que é norteado pela referida Resolução, o período descrito é de julho a outubro, com o valor de 0,280 m. Invariavelmente, o valor verificado por meio do somatório dos valores absolutos, novamente, foi superior ao descrito na Resolução CONSEMA 143/2019 e Anexo 9 da IN11, na ordem de 635,4 mm para os meses de julho e outubro.

Figura 9 - Comparação entre os valores de BAL_PE (mm) dos quatro meses sequenciais mais críticos, considerando o somatório das médias e valores absolutos do município da Mesorregião do Vale do Itajaí e Sul de Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

3.3 Simulação do cálculo de dimensionamento de sistemas de armazenamento de dejetos suínos com relação aos valores de referência e absolutos

Para a verificação das possíveis implicações nos cálculos de dimensionamento de sistemas de armazenamento nas duas situações distintas encontradas, foi feita uma simulação comparando os volumes de segurança de acordo com a situação.

O modelo matemático presente na Resolução CONSEMA nº 143/2019, dado pela equação (1), tem por finalidade calcular o volume de segurança de esterqueiras, por meio do balanço da precipitação e evaporação nos quatro meses sequenciais críticos.

$$V_{seg} = \beta \times V_{flu} \cdot \{(\alpha + Bal_{PE})\} \quad \text{(Equação 1)}$$

Pela Equação 1, V_{seg} , corresponde ao volume de segurança estimado para a esterqueira (m^3), β é o coeficiente estimado em função da profundidade da esterqueira, V_{flu} o volume total de efluentes gerados na granja de suínos (m^3), α o coeficiente de segurança recomendado e o Bal_{PE} que é o balanço entre a precipitação e evaporação potencial, nos quatro meses sequenciais mais críticos da série históricas registradas em estações meteorológicas mais próximas do local (m).

Para a presente simulação, considerou-se uma situação hipotética para uma granja em fase de terminação, com capacidade máxima de cabeças de 500 animais, profundidade da esterqueira retangular de 3 metros, com 10 metros de comprimento por 5 metros de largura, tempo de armazenamento de 60 dias, com um coeficiente de segurança de 0,25.

Realizando os cálculos, verifica-se por meio da Tabela 4, as diferenças nos volumes de segurança de acordo com o Bal_{PE} empregado para os oito municípios analisados.

Tabela 4 - Comparação entre os valores do volume de segurança (m^3), considerando o somatório do BAL_{PE} das médias e valores absolutos.

Localidade	Volume de segurança (m^3) (Σ das Médias - referência)	Volume de segurança (m^3) (Σ dos Valores absolutos)
Campos Novos	27,20	44,17
Chapecó	25,93	50,98
Ituporanga	23,85	39,84
Lages	22,87	44,26
Major Vieira	24,36	43,55
São Miguel do Oeste	25,68	47,86
Urussanga	24,23	46,49
Videira	25,34	39,08

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme observado, utilizando os valores absolutos de BAL_{PE} ocorre um acréscimo em todas as cidades estudadas com relação ao volume de segurança do sistema, contribuindo para uma melhor proteção deste importante controle ambiental da atividade.

4 Conclusões

- Nas oito cidades selecionadas para a análise no Estado de Santa Catarina, Campos Novos, Chapecó, Ituporanga, Lages, Major Vieira, São Miguel do Oeste, Urussanga e Videira, ocorre diferença significativas no valor do somatório de valores absolutos de

precipitação crítica (mm), evaporação crítica (mm) e seus respectivos balanços entre as duas variáveis meteorológicas.

- Tratando especificamente do dimensionamento, por meio dos valores de BAL_PE absolutos encontrados nos municípios analisados, na aplicação do memorial de cálculo os valores do volume de segurança mais que dobram em praticamente todas as situações, demonstrando o impacto direto no dimensionamento de sistemas.
- Considerando o dimensionamento de sistemas de dejetos líquidos suínos como uma obra importante de engenharia rural, situações meteorológicas mais críticas e extremas devem ser consideradas com o intuito de um controle ambiental mais eficaz. Não é raro situações na qual observa-se chuvas superiores a 50 mm, por exemplo, em um período muito inferior ao estabelecido nas médias mensais, inclusive, superando em poucos dias o previsto para um mês inteiro.
- Partindo desse pressuposto, sugere-se uma análise e possível atualização dos valores de referência hoje empregados com o intuito de maior segurança ambiental na operação de granjas de suínos.

Referências

- Cantão, V. C. G., Willinghoefer, R. O., Morais, L. K. O., Sousa Neta, R. de, Arantes, E. M. C., Tavares, R. L. M., Boldrin, P. F., & Menezes, J. S. F. (2020). Adicionar dejetos suínos por 17 anos em área agrícola causa poluição por cádmio? *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 60904–60915. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-489>.
- D'Aquino, C. A., Mello, T. C. de, & Costa Júnior, L. (2019). Efeito da variação da carga orgânica volumétrica natural na produção de biogás a partir de dejetos suínos em diferentes tempos de retenção hidráulica. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24(3), 613–617. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019124926>.
- dos Santos, L. S., Sousa, V. S., da Silva, D. A., & Roldão, A. J. L. N. (2022). Estado da arte-resíduos agropecuários da suinocultura (2016-2020). *Revista Interação Interdisciplinar (ISSN: 2526-9550)*, (1).
- Galvão, A. T., Silva, A. do S. L. da, Pires, A. P., Morais, A. F. F. de, Mendonça Neto, J. S. N., & Azevedo, H. H. F. de. (2019). Bem-estar animal na suinocultura: Revisão. *Pubvet*, 13(03), 1–6. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n3a289.1-6>.
- Govoni, C., Chiarelli, D. D., Luciano, A., Pinotti, L., & Rulli, M. C. (2022). Global

assessment of land and water resource demand for pork supply. *Environmental Research Letters*, 17(7), 074003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac74d7>.

Granziera, M. L. M., & Rei, F. (2022). *Licenciamento ambiental*. Editora Foco.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). *Rebanho de suínos (porcos) 2021*. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/suinos/br>>. Acesso em: junho de 2023.

Instituto Do Meio Ambiente De Santa Catarina (IMA). (2022). *Instrução Normativa Nº 11, de 01 de junho de 2022*. Diário Oficial de Santa Catarina.

Koeppen, W., & Hendrichs Pérez, P. R. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México.

Kunz, A., Higarashi, M. M., & de Oliveira, P. A. (2005). Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 22(3), 651-665.

Leitão, F. O., Dias, C. P., & Brisola, M. V. (2020). Mensuração da capacidade de geração de energia elétrica a partir do tratamento dos dejetos suínos. *Informe GEPEC*, 24(1), 91-115. <https://doi.org/10.48075/igepec.v24i1.22844>.

Lima, G. W. B., Leitão, F. O., & Silva, W. H. da. (2021). Práticas adotadas na suinocultura alinhadas com a economia circular: uma revisão integrativa da literatura. *Desenvolvimento Em Questão*, 19(57), 174-194. <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2021.57.11906>.

López-Pacheco, I. Y., Silva-Núñez, A., García-Perez, J. S., Carrillo-Nieves, D., Salinas-Salazar, C., Castillo-Zacarías, C., Afewerki, S., Barceló, D., Iqbal, H. N. M., & Parra-Saldívar, R. (2021). Phyco-remediation of swine wastewater as a sustainable model based on circular economy. *Journal of Environmental Management*, 278, 111534. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111534>.

Conselho Estadual Do Meio Ambiente De Santa Catarina (CONSEMA/SC). (2019). *Resolução CONSEMA Nº 143 de 01 de novembro de 2019*. Disponível em: <<https://www.sde.sc.gov.br/index.php/biblioteca/consema/legislacao/resolucoes/1242-resolucao-consema-n-143-2019/file>>. Acesso em: 19 jun de 2022.

Silva, D. G., de Jesus, G. A. C., & da Silva, F. H. A. (2023). A importância do controle de dejetos no setor de Suinocultura do Brasil. *Revista de Estudos Interdisciplinares do Vale do Araguaia-REIVA*, 6(01), 6-6.

Vargas, L. P., & Pedrassani, D. (2020). Suinocultura no Planalto Norte Catarinense: transformações históricas e panorama. *COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional*,

17(3), 160-183.

Woonwong, Y., Do Tien, D., & Thanawongnuwech, R. (2020). The Future of the Pig Industry After the Introduction of African Swine Fever into Asia. *Animal Frontiers*, 10(4), 30–37. <https://doi.org/10.1093/af/vfaa037>.