



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS  
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM PERMACULTURA

Fernanda Daniela Gonçalves Ferreira

**Da privada à fertilização:** Um olhar da Permacultura para o saneamento ecológico  
como fonte de produção de nutrientes para fins de fertilização.

Florianópolis

2024

Fernanda Daniela Gonçalves Ferreira

**Da privada à fertilização:** Um olhar da Permacultura para o saneamento ecológico como fonte de produção de nutrientes para fins de fertilização.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Especialização em Permacultura do Centro ou Campus Florianópolis, Departamento de Arquitetura da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Permacultura.

Orientador: Prof. Marcelo Venturi, Dr.

Florianópolis

2024

Ferreira, Fernanda Daniela Gonçalves

Da privada à fertilização: : Um olhar da Permacultura para o saneamento ecológico como fonte de produção de nutrientes para fins de fertilização. / Fernanda Daniela Gonçalves Ferreira ; orientador, Marcelo Venturi, 2024.

68 p.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Curso de Especialização em Permacultura, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Banheiros secos. 2. Permacultura. 3. Saneamento ecológico. 4. Reciclagem de nutrientes. I. Venturi, Marcelo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Especialização em Permacultura. III. Título.

Fernanda Daniela Gonçalves Ferreira

**Da privada à fertilização:** Um olhar da Permacultura para o saneamento ecológico como fonte de produção de nutrientes para fins de fertilização.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Especialista em Permacultura e aprovado em sua forma final pelo Curso de Especialização em Permacultura.

Florianópolis, 20 de Junho de 2024.

Insira neste espaço  
a assinatura

---

Coordenação do Curso

**Banca examinadora**

Insira neste espaço  
a assinatura

---

Prof. Marcelo Venturi, Dr.

Orientador

Insira neste espaço  
a assinatura

---

Prof.<sup>a</sup> Maria Elisa Magri, Dr.<sup>a</sup>.

Universidade Federal de Santa Catarina

Insira neste espaço  
a assinatura

---

Prof.<sup>a</sup> Adriana Farina Galbiati, Me.<sup>a</sup>

Instituto Pantanal Sul

Florianópolis, 2024.

Ao meu amado e estimado avô, Renato Gonçalves Ferreira, o primeiro permacultor  
que conheci. Seu amor pela Terra é parte deste diploma!

## AGRADECIMENTOS

A educação pública de qualidade, em especial à Universidade Federal de Santa Catarina e a especialização em Permacultura, pela oportunidade de expandir meu aprendizado;

Aos meus avós paternos, Aparecida (*In memoriam*) e Renato, meus primeiros exemplos de permacultura na prática;

A minha família por todo apoio e suporte, principalmente no momento de finalização desta especialização;

Aos amigos feitos no meio do caminho dessa formação, em especial, às mulheres maravilhosas que foram o verdadeiro presente da especialização;

À Jess e Ale do Biodália pela oportunidade de realizar a gestão dos banheiros secos do festival Psicodália 2024;

À toda equipe de idealização e montagem das estruturas dos banheiros secos;

À toda equipe da limpeza, e claro, aos meninos do front, que carregaram bombonas e recarregaram os potes de aditivo noite e dia, durante todo o evento. A vocês, o meu agradecimento e o reconhecimento de que sem vocês os banheiros secos não seriam possíveis;

À Dra. Maria Elisa Magri e ao RReSSa pela oportunidade de repensar o saneamento todos os dias;

Por fim, aos usuários dos banheiros do festival pelos feedbacks e trocas durante todo o evento, e principalmente, aos 154 usuários que responderam ao questionário de percepção de uso.

*“Se, ainda recentemente, a palavra merda era substituída nos livros por reticências, isso não se deve a razões morais. Afinal de contas, não se pode considerar que a merda seja imoral! A objeção à merda é de ordem metafísica. Defecar é dar uma prova cotidiana do caráter inaceitável da criação. Das duas uma: ou a merda é aceitável (e, nesse caso, não precisamos nos trancar no banheiro), ou Deus nos criou de maneira inadmissível.”*

Milan Kundera in *A insustentável leveza do ser*, pg. 250, 28º Ed. Editora Nova Fronteira, 1985.

## RESUMO

Em um planeta de acentuada perda de recursos ambientais, preservar água potável e recuperar nutrientes das excretas humanas através de banheiros secos pode gerar um ganho na manutenção da saúde ambiental e fertilidade dos solos. Neste sentido, o saneamento ecológico, através de banheiros secos são uma alternativa de saneamento tanto em áreas urbanas como em áreas rurais, sendo também uma alternativa à banheiros químicos em eventos culturais e festivais de música. Desta forma, este trabalho teve como objetivo dimensionar, e gerir o tratamento de fezes humanas gerados por 2000 usuários em 38 cabines exclusivas para defecação, durante os seis dias do Festival Psicodália 2024. Os banheiros secos implantados não contavam com separador de urina, entretanto, as cabines eram exclusivas para defecação com a devida orientação dos usuários quanto ao uso, além de mictórios femininos e masculinos. A tecnologia utilizada para tratamento das fezes foi a desidratação alcalina utilizando calcário, cinzas e ureia na proporção 1:1:0,005, respectivamente. A operação e a opinião dos usuários foram avaliadas no presente trabalho com o intuito de verificar pontos de melhora da aplicação da tecnologia em grande escala. Durante a operação, problemas como a mistura de urina e fezes ocorreram, principalmente em cabines específicas, nestas cabines o odor era intensificado devido à presença de amônia proveniente da urina no sistema. Acerca da percepção dos usuários, verificou-se uma relação positiva com o uso dos banheiros secos (score  $1,91 \pm 0,27$ ) e a disposição do reciclo das fezes tratadas como fertilizante em cultivos, teve uma aceitação de 80% entre os 154 entrevistados (score  $1,85 \pm 0,34$ ) e cerca de 70% de intenção de uso em cultivos próprios (score  $1,73 \pm 0,44$ ), e uso na própria alimentação (score  $1,70 \pm 0,45$ ). Entretanto, verificou-se que 81% dos entrevistados (126 pessoas) acreditam que não há riscos no uso dos banheiros secos se comparados à banheiros convencionais (score  $1,18 \pm 0,38$ ). Neste sentido, destaca-se a importância de ações de educação ambiental para conscientização dos usuários acerca dos benefícios e os riscos envolvidos na operação e suas respectivas medidas de mitigação, visando a minimização dos riscos microbiológicos relacionados a contaminação direta ou indireta. Bem como a aplicação de questionários de aceitação de uso dos biofertilizantes gerados neste sistema aos agricultores para facilitar o reciclo deste produto.

**Palavras-chave:** Banheiros secos. Permacultura. Reciclagem de nutrientes. Saneamento ecológico.

## ABSTRACT

On a planet of severe loss of environmental resources, preserving drinking water and recovering nutrients from human excreta through dry toilets can generate a benefit in maintaining environmental health and soil fertility. In this sense, ecological sanitation through dry toilets is an alternative to sanitation in both urban and rural areas and is even an alternative to chemical toilets in cultural events and festivals. Thus, this work aimed to measure the production of feces and the amount of additive needed to serve two thousand users in 38 exclusive cabins for defecation, during the six days of the Psicodália Festival 2024. The dry toilets did not have separation of urine; however, the cabins were exclusively for defecation with the proper guidance of the users regarding their use. The technology used for fecal treatment was dehydration using limestone, ash, and urea at the ratio 1:1:0.005, respectively. The operation and the opinion of the users were evaluated in the present study to verify points of improvement in the application of the technology on a large scale. During the operation, problems such as the mixing of urine and feces occurred, especially in specific cabins, in these cabins the odor was intensified due to the presence of ammonia from the urine in the system. In cabins with a marked odor, either due to the amount of feces or the introduction of urine into the system, the containers of feces were changed, aiming at sensory improvement for the user. Regarding the users' perception, there was a positive relationship with the use of dry toilets (score  $1.91 \pm 0.27$ ) and the disposal of the recycling of feces treated as fertilizer in crops, with acceptance of use in agriculture with more than 80% among the 154 interviewees (score  $1.85 \pm 0.34$ ) and about 70% intention of use in their own crops (score  $1.73 \pm 0.44$ ) and use in one's own diet (score  $1.70 \pm 0.45$ ). However, it was found that 81% of the interviewees (126 people) believe that there are no risks in the use of dry toilets (score  $1.18 \pm 0.38$ ). In this sense, the importance of environmental education actions to make users aware of the benefits, risks and their respective mitigation measures in the operation is highlighted, aiming at minimizing microbiological risks related to direct or indirect contamination.

**Keywords:** Dry toilets. Permaculture. Nutrient recycling. Ecological sanitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Banheiros secos separadores em áreas rurais. ....	20
Figura 2: Banheiros secos separadores em áreas urbanas. ....	20
Figura 3: Estrutura exemplificada de um banheiro seco separador.....	21
Figura 4: Barreiras contra a transmissão de doenças na aplicação, manuseio e reciclo de biofertilizante produzidos em banheiros secos. ....	32
Figura 5: Croqui do evento Psicodália 2024 em Rio Rufino - Sc. ....	36
Figura 6: a. Aditivo de cinzas, calcário e ureia, b. Estrutura cabine para urina. c. Estrutura cabine defecação, d. Informativos e educação ambiental nos complexos de banheiros secos. ....	38
Figura 7: a. Informativos e educação ambiental para uso dos banheiros secos; b, c e d. Estrutura das cabines para defecação, ....	39
Figura 8: Numeração das cabines nos três campings disponíveis no evento. ....	40
Figura 9: Idade dos usuários dos banheiros secos no festival Psicodália 2024.....	47
Figura 10: Gênero dos usuários dos banheiros secos no festival Psicodália 2024.....	47
Figura 11: Nível educacional dos usuários dos banheiros secos no festival Psicodália 2024. ....	48
Figura 12: Grau de satisfação com a estrutura dos banheiros secos. Escala linear: 1 muito pior – 5 muito melhor.....	48
Figura 13: Grau de conforto no uso dos banheiros secos em comparação à um banheiro convencional com fluxo de água – Escala linear: 1 muito pior – 5 muito melhor. ...	49
Figura 14: Grau de conforto em banheiros secos em comparação à banheiros químicos - Escala linear: 1 muito ruim – 5 ótimo. ....	49
Figura 15: Principais problemas e dificuldades relatados ao uso dos banheiros secos durante o evento.....	50
Figura 16: Percepção de odor nos banheiros secos - Escala linear: 1 muito odor - 5 nenhum odor. ....	51
Figura 17: Percepção de conforto no uso dos banheiros secos durante o festival – Escala linear: 1 muito ruim – 5 ótimo. ....	51
Figura 18: Percepção do manuseio do aditivo – Escala linear: 1 muito ruim - 5 ótimo. ....	52
Figura 19: Percepção da higiene das instalações dos banheiros secos. Escala linear: 1 muito ruim – 5 ótimo.....	53

Figura 20: Percepção dos riscos envolvidos no uso dos banheiros secos. ....	54
Figura 21: Percepção acerca do uso de recursos recuperados de banheiros secos na agricultura.....	54
Figura 22: Percepção de uso de adubos orgânicos em cultivo próprio. ....	55
Figura 23: Percepção de disposição ao consumo de alimentos fertilizados com recursos recuperados de banheiros secos.....	55
Figura 24: Tipos de usos intencionados pelos usuários dos banheiros secos.....	56
Figura 25: Intenção de uso de banheiros secos em eventos e espaços públicos e/ou privados. ....	56

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Biofertilizantes de sistemas de saneamento e respectivas culturas utilizadas na literatura.....	27
Quadro 2: Procedimentos de riscos no uso de sanitários secos.....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Nutrientes na urina em diferentes países. ....	22
Tabela 2: Dimensionamento uso banheiros secos durante o evento. ....	42
Tabela 3: Scores de intenção de uso da tecnologia de banheiro secos bem como do reciclo dos fertilizantes produzidos nestes sistemas e riscos envolvidos. ....	46
Tabela 4: Culturas com aptidão para recebimento do biofertilizante gerado no festival após verificação da qualidade microbiológica para aplicação.....	57

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1	UMA MUDANÇA DE PARADIGMA EM RELAÇÃO ÀS NOSSAS EXCRETAS: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E BANHEIROS SECOS, UMA UTOPIA POSSÍVEL? .....	18
1.2	BANHEIROS SECOS E A PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES NESTES SISTEMAS .....	19
1.2.1	Tratamento da Urina .....	21
1.2.2	Tratamento das fezes .....	24
1.3	CO-COMPOSTAGEM.....	25
1.4	USO DE BIOFERTILIZANTES RECUPERADOS DE SISTEMAS DE SANEAMENTO NA AGRICULTURA.....	27
1.5	UMA VISÃO PERMACULTURAL DO FECHAMENTO DO CICLO DE NUTRIENTES PROVENIENTES DE EXCRETAS HUMANAS NO MEIO RURAL E URBANO.....	28
1.6	ORIENTAÇÕES DE SAÚDE E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO NO RECICLO DE NUTRIENTES RECUPERADOS EM SISTEMAS DE SANEAMENTO.....	29
1.7	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PERTINENTE AO USO DE BIOFERTILIZANTES RECUPERADOS ATRAVÉS DE SISTEMAS DE SANEAMENTO .....	32
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>33</b>
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> .....	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO: GERENCIAMENTO DE BANHEIROS SECOS NO FESTIVAL DE MÚSICA PSICODÁLIA</b> .....	<b>34</b>
4.1	FESTIVAL PSICODÁLIA E MOVIMENTO BIODÁLIA PARA SUSTENTABILIDADE DURANTE O FESTIVAL.....	34
4.2	IMPLANTAÇÃO DE BANHEIROS SECOS NO FESTIVAL COMO ALTERNATIVA À BANHEIROS QUÍMICOS – A ENGENHARIA SANITÁRIA Á SERVIÇO DA CULTURA DA PERMANÊNCIA. ....	35
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
5.1	CROQUI DO EVENTO E DOS BANHEIROS SECOS .....	36
5.2	DIMENSIONAMENTO BANHEIROS SECOS.....	36

5.3	ESTRUTURA DOS BANHEIROS E GERENCIAMENTO DAS FEZES DURANTE O EVENTO .....	37
5.4	QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DE USO.....	40
5.5	MAPEAMENTO DAS CULTURAS COM APTIDÃO PARA RECEBIMENTO DAS FEZES TRATADAS COM UREIA GERADAS NO FESTIVAL PSICODÁLIA ....	42
<b>6</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>42</b>
6.1	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E CONSUMO DE ADITIVO .....	42
6.2	ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DO BIOFERTILIZANTE FEZES TRATADAS COM UREIA DURANTE O EVENTO. ....	44
6.3	PERCEPÇÕES SENSORIAIS DURANTE AS OPERAÇÕES DE ESVAZIAMENTO DAS BOMBONAS .....	44
6.4	PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DOS BANHEIROS SECOS.....	45
6.5	POSSÍVEIS CULTURAS E MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO FESTIVAL PARA DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DO BIOFERTILIZANTE APÓS VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES MICROBIOLÓGICAS.....	57
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS A CERCA DO USO DE BANHEIROS SECOS COMO ALTERNATIVA DE GESTÃO DE EXCRETAS EM FESTIVAIS. ....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS: .....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Antes de nos tornarmos cidadãos vivendo em cidades, fomos cidadãos do mundo, depositando nossas excretas (urina e fezes) no solo durante nossas andanças como nômades, coletores e caçadores (Rockefeller, 1998). Defecando aqui e ali, assim como os outros animais, dispersávamos nossos nutrientes e sementes e ajudávamos na manutenção da vida fértil do planeta Terra. Neste sentido, as excretas humanas são ricas em micro e macro nutrientes necessárias ao crescimento das plantas (Esrey et al., 2001; Magri, 2013; Vinneras, 2002). O solo e as suas comunidades de vida muito se apoderaram desta importante fonte de nutrientes vinda dos humanos por séculos (Rockefeller, 1998).

Paradoxalmente, a sedentarização do homem e sua instalação em grandes grupos, formando grandes estruturas urbanas, deu origem à uma série de problemas intrínsecos à centralização humana e seus resíduos (Rockefeller, 1998). A história das nossas práticas excretoras, pode não ser tão óbvia aos nossos olhos, visto a total negação das excretas e suas potencialidades como cerne de nossa humanidade “desenvolvida”. Entretanto, existem sociedades que reconhecem o valor das excretas como fertilizante e entendem que este é o ciclo da natureza, chamadas por (Esrey et al., 2001; Esrey, 1998) de culturas fecofílicas. E sociedades que defendem que as excretas são repulsivas e necessitam de afastamento imediato, chamadas culturas fecofóbicas.

Em culturas fecofóbicas, por “questões de saúde”, convencionou-se afastar as excretas utilizando água. A eliminação dos excrementos humanos e dos resíduos industriais através do sistema de esgotos por sistemas com fluxo de água tem sido o método preferido de gestão destes resíduos durante mais de um século em todas as nações industrializadas do mundo (Esrey et al., 2001; Rockefeller, 1998).

A água é um solvente universal utilizado para diluir e afastar as excretas das residências, levando-a para outro lugar, com fins de tratamento ou deposição. A poluição das massas de água causada por esta prática levou ao tratamento das águas residuais recolhidas e um sistema de saneamento baseado na centralização e no ciclo linear das excretas, baseado no tratamento do esgoto diluído com produção final de lodo e o efluente tratado, onde o primeiro é descartado normalmente em aterros sanitários, fomentando gastos desnecessários e perda energética e o último é devolvido aos corpos hídricos causando muitas vezes, prejuízos à biota aquática.

No Brasil, foram gerados em 2019, 1.497.153,40 toneladas de lodo em estações de tratamento de esgoto (ETE's), deste valor, 38.827,71 toneladas de lodo foram enviadas para aterros sanitários e 1.497.153,40 foram tratados. O relatório não apresenta as formas de tratamentos utilizadas (SINIR, 2023). Ainda, uma extensão de mais de 110 mil km de corpos hídricos está comprometida, devido ao excesso de carga orgânica (ATLAS ESGOTO, 2022).

Neste sentido, manter estes nutrientes - especialmente nitrogênio e o fósforo-mobilizados na agricultura, bloqueados no solo, para além de tornar os ciclos de vida baseados na terra ricos em nutrientes, os mantém fora da água, mantendo sua qualidade para o suprimento das demandas humanas e manutenção da saúde (Esrey et al., 2001; Harder, Robin; Wielemaker, Rosanne; Molander et al., 2020; Rockefeller, 1998). A deposição dos excrementos no solo em comparação à diluição na água pode ser mais vantajosa, uma vez que os solos performam uma importante função no controle da poluição pela sua função de filtragem e efeito tampão. Entretanto, o uso insustentável de fertilizantes minerais e pesticidas em áreas agrícolas de monocultura, podem levar a contaminação ambiental das águas subterrâneas (Lal et al., 2021).

Foi, sem dúvida, a agricultura que de certo modo, ocasionou a civilização: nas suas formas mais simples e mais elaboradas, a civilização depende totalmente da agricultura. Esta dependência, contudo, não inspirou todas as sociedades agrícolas a reverenciar a economia dos ciclos de que a agricultura depende. Especialmente desigual tem sido a consciência da economia de devolver ao solo, sob a forma de excrementos, o que foi retirado sob a forma de alimentos (Rockefeller, 1998).

Estima-se que uma pessoa adulta produza anualmente cerca de 4 kg de Nitrogênio (N) e 365 g de Fósforo (P) na urina e 500 g de N e 183 g de P nas fezes (Magri, 2013; Vinneras, 2002). A urina que uma pessoa produz por um ano contém nutrientes suficientes para fazer crescer 250 quilogramas de comida anualmente. Cerca de 90% do potencial fertilizante das excretas está na urina pois ela é rica em fósforo e potássio. As fezes por sua vez, são ótimos condicionantes do solo devido a quantidade de matéria orgânica, entretanto contém a maior parte dos patógenos (Esrey, 1998; Magri, 2013). Considerando a demanda por fertilizantes minerais em 2019, as excretas humanas poderiam suprir cerca de 30% da demanda, o que pode ser vantajoso do ponto de vista ambiental e econômico, principalmente em áreas mais pobres (Ferreira, 2022).

## 1.1 UMA MUDANÇA DE PARADIGMA EM RELAÇÃO ÀS NOSSAS EXCRETAS: SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E BANHEIROS SECOS, UMA UTOPIA POSSÍVEL?

Em contraposição aos problemas apresentados pela visão linear do ciclo do saneamento e a desconexão com a natureza na maioria das sociedades atuais, sistemas de saneamento ecológicos (sistemas que operam sem água) e soluções baseadas na natureza (imitam o sistema de depuração empregado pela natureza no tratamento de efluentes em sistemas de fluxo), tem como premissa reconhecer que as excretas são fontes de nutrientes essenciais e devem retornar ao solo, seja em forma de biossólido, efluente tratado ou ainda qualquer outro biofertilizante obtido à partir de sistemas de saneamento (Esrey et al., 2001; Harder, Robin; Wielemaker, Rosanne; Molander et al., 2020; Magri, 2013).

Em um mundo de perda de recursos ambientais, é urgente pensar em soluções que fechem o ciclo de nutrientes e apliquem estes recursos na produção de alimentos sob a ótica da agroecologia e da permacultura, abarcando todas as camadas da sociedade e beneficiando todos que utilizam os sistemas, bem como aqueles que irão se beneficiar da produção de alimentos e enriquecimento ambiental através de ações paisagísticas e de educação ambiental.

Urge a necessidade de se incluir em ações de saneamento, além do gerenciamento destes resíduos também em áreas de grandes maciços urbanos, áreas rurais e pequenas cidades de forma descentralizada e focada na recuperação destes recursos e seu uso na regeneração dos ecossistemas e produção de alimentos. Desta forma, o lodo gerado em sistemas centralizados e descentralizados (biossólidos) poderiam ser reaproveitados pelos moradores das cidades, escolas, hortas comunitárias, pomares coletivos, bem como em usos paisagísticos.

Ademais, para aplicação em áreas ainda não atendidas pela rede, destacam-se tecnologias baseadas na natureza, que são capazes de atender demandas de saneamento de uma forma descentralizada em regiões de difícil acesso à saneamento e áreas isoladas.

Soluções de saneamento ecológico, como banheiros secos com ou sem separação de urina, também podem atender pessoas da sociedade que estão às margens do sistema, podendo ser inclusive uma fonte de renda, quando pensamos que usuários podem ser beneficiados com a venda da urina e do composto produzido. Neste sentido, banheiros secos com separação de urina são peças-chaves para auxiliar na recuperação dos nutrientes de acordo com as características de cada material excretado, além da preservação da água e a manutenção da saúde.

Segundo estimativas, cerca de 15-20.000 litros de água são gastos por habitante anualmente apenas para a diluição das excretas (Vinneras, 2002; Vinnerås et al., 2006). Neste sentido, pensar na separação destes nutrientes diretamente da fonte através de banheiros secos pode ser uma alternativa sustentável e ambientalmente vantajosa.

## 1.2 BANHEIROS SECOS E A PRODUÇÃO DE BIOFERTILIZANTES NESTES SISTEMAS

Para alcançar o objetivo do saneamento ecológico, é necessária a compreensão de que a urina e as fezes são materiais diferentes e precisam ser separadas na fonte. A urina contém a maioria dos nutrientes e micropoluentes, como medicamentos e hormônios, enquanto as fezes contêm a maioria dos patógenos. Como resultado, os banheiros secos devem adotar tecnologias que permitam a separação da urina e das fezes na origem, como os separadores. Ainda, a adoção de cabines exclusivas para defecação e urina podem ser implantadas, entretanto, neste tipo de sistema a probabilidade de mistura dos materiais é aumentada, ocasionando muitas vezes no colapso do sistema e na ineficiência do tratamento.

Banheiros secos com separador de urina já acoplado a peça sanitária têm ganhado destaque no âmbito do saneamento ecológico. Com a finalidade de separar a urina na fonte e facilitar o tratamento das excretas, os banheiros secos separadores podem ser encontrados em diversos modelos e diferentes tipos de construção e tratamento, tais variações normalmente vão de acordo com o padrão socioeconômico dos usuários do sistema, sendo diferentes em cada região de acordo com os hábitos e cultura dos usuários (Esrey et al., 2001; Simha et al., 2018, 2016).

Figura 1: Banheiros secos separadores em áreas rurais.



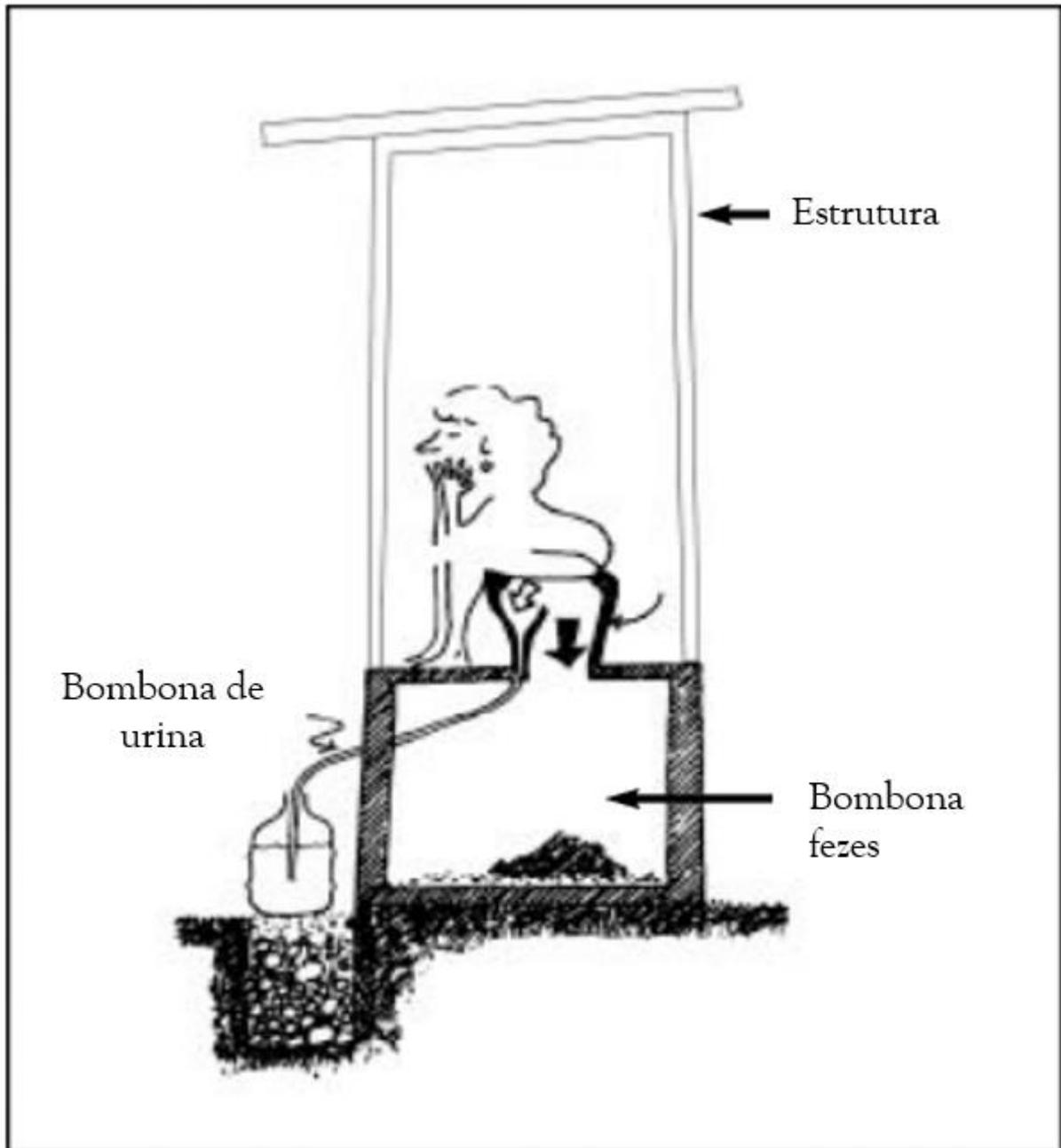
Figura 2: Banheiros secos separadores em áreas urbanas.



Fonte: MAGRI (2013)

O funcionamento dos banheiros secos é simples. Em sistemas sem separação de urina, o ideal é o funcionamento de um banheiro para urinar e um exclusivo para defecação. Como os sistemas operam sem água, é necessário que o usuário deposite um material com potencial desidratador nas fezes após cada defecação, que pode ser calcário, cinzas, conchas de ostras trituradas. Ademais, em sistemas com separação de urina o uso é similar ao de um sanitário comum, bastando o usuário se sentar corretamente para que as excretas sejam separadas e acondicionadas em bombonas e/ou câmaras, como pode ser exemplificado na Figura 3 :

Figura 3: Estrutura exemplificada de um banheiro seco



Fonte : ESREY, et al. (2001)

### 1.2.1 Tratamento da Urina

A urina representa apenas 1% das águas domésticas (Simha et al., 2018). A maior proporção de nitrogênio, fósforo e potássio está concentrada na urina, cerca de 50-80% do total de fósforo, cerca de 80-90% do total de nitrogênio e 80-90% do total de potássio (Magri, 2013; Nordin, 2010; Vinneras, 2002). Entretanto, embora o alto nível de nutrientes, a urina humana não apresenta patógenos, a não ser em casos específicos de infecções (Esrey et al.,

2001; Simha et al., 2018). Quando o nitrogênio é excretado do corpo humano através da urina, cerca de 80% encontra-se sob a forma de ureia ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) e 7% sob a forma de amônia (Nordin, 2010). A urina contém cerca de 5% de sólidos e em média 95% de água. Sua composição pode variar de acordo com fatores fisiológicos, como: idade, peso e gênero, hábitos alimentares e condições ambientais (Vinneras, 2002). A tabela 1 apresenta os níveis nutricionais na urina em termos de nitrogênio, fósforo e potássio em diversos países, bem como a média destes.

Tabela 1: Nutrientes na urina em diferentes países.

<b>País</b>	<b>Nitrogênio (kg/hab/ano)</b>	<b>Fósforo (kg/hab/ano)</b>	<b>Potássio (kg/hab/ano)</b>
<b>China</b>	3,5	0,4	1,3
<b>Haiti</b>	1,9	0,2	0,9
<b>India</b>	2,3	0,3	1,1
<b>África do sul</b>	3,0	0,3	1,2
<b>Uganda</b>	2,2	0,3	1,0
<b>Brasil</b>	3,0	0,6	
<b>MÉDIA</b>	<b>2,48</b>	<b>0,35</b>	<b>1,1</b>

Fonte: Adaptado de (Björn Vinnerås, 2003; Magri, 2013)

Diversos modos de tratamento podem ser utilizados para conservar os nutrientes da urina, mas em suma, os tratamentos da urina podem ser divididos de acordo com suas funções: higienização, estabilização, redução de volume, recuperação de fósforo e de nitrogênio e remoção de nutrientes e de micropoluentes (Magri, 2013).

#### 1.2.1.1 Armazenamento:

O armazenamento da urina à temperatura ambiente é considerado a opção mais simples e viável de tratamento. Com a função de estabilizar a urina, o sucesso deste método, depende do controle de alguns parâmetros. O processo é dependente do tempo de armazenamento, o pH e a temperatura. Assim, a ureia, é transformada pela enzima *uréase* em amônia ionizada e íons bicarbonato (Udert et al., 2003), assim ocorre a elevação do pH de 6 para 9 ocasionando o deslocamento químico, que possui ação tóxica para os microorganismos (Magri, 2013; Nordin, 2010).



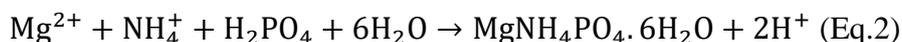
Temperaturas na faixa de 4 a 20° C são indicadas, além da estocagem por aproximadamente 6 meses para sistemas em grande escala e cerca de 3 meses para sistemas menores (Vinneras, 2002). É importante ressaltar que durante o armazenamento, o tanque de urina deve permanecer fechado, de modo a prevenir que a amônia evapore, reduzindo odores e a perda de nitrogênio (Schönning et al., 2007; Schönning et al., 2004).

A caracterização nutricional do biofertilizante após o processo de estabilização por estocagem é de 0,7% de nitrogênio, 0,1% de fósforo e 0,2% de potássio (Carlon et al., 2023).

### *1.2.1.2 Precipitação da Estruvita*

Outra tecnologia acessível para recuperar nutrientes da urina é a precipitação da estruvita. A técnica é simples e visa recuperar o fósforo através da precipitação. Desta forma, tal técnica pode ser considerada benéfica do ponto de vista ambiental, uma vez que oferece a possibilidade de recuperar nutrientes em larga escala com baixo custo operacional.

O processo ocorre em condições alcalinas e produz uma substância cristalina, composta por magnésio, amônia e fósforo. O processo de formação da estruvita ocorre de acordo com a seguinte reação apresentada na equação 2 (Udert et al., 2003)



O processo ocorre de forma natural na coleta de urina, entretanto, o cloreto de magnésio é um fator limitante. Desta forma, é necessária uma fonte adicional de cloreto de magnésio para otimizar a produção de estruvita. Neste sentido, o grupo RReSSa da universidade federal de Santa Catarina (UFSC) e sua pesquisadora Franco (2020), conduziram um estudo sobre o processo de precipitação da estruvita visando sua otimização e o uso de uma fonte alternativa ao cloreto de magnésio, o sal marinho, obtendo a produção de 1,4g de estruvita por litro de urina. Neste sentido, é interessante ressaltar que a produção de estruvita é condicionada aos fatores supramencionados, podendo variar de acordo com a região onde a pesquisa está inserida. Os valores de produção se tornam interessantes se analisados uma média de 550 L/hab/ano, o que renderia uma produção de 0,77 kg de estruvita por habitante anualmente.

A caracterização nutricional do biofertilizante após o processo de precipitação e secagem é de 5,2% de nitrogênio, 62,3% de fósforo e 6,4% de potássio (Carlon et al., 2023).

### 1.2.2 Tratamento das fezes

Diferente da urina, as fezes contêm menos nutrientes e são caracterizadas pela elevada concentração de matéria carbonácea e pela presença de diversos micro-organismos, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos. Estes patógenos causam doenças entéricas e podem ser encontrados em altas concentrações nas fezes (Magri, 2013). Dentre os micro-organismos presentes nas fezes, os vírus e as bactérias têm sido tradicionalmente considerados os principais causadores de doenças gastrointestinais, principalmente em países em desenvolvimento. Cerca de 120 diferentes tipos de vírus podem ser excretados pelas fezes, sendo os grupos de *enterovírus*, *rotavírus*, *adenovírus*, *norovírus* e *hepatite* os mais comuns. Em relação às bactérias, as mais comuns são *Salmonella*, *E. Coli*, *Vibrio cholerae* e *Shigella* (Schönning et al., 2004).

Desta forma, diante o exposto, considerando os riscos, a exposição às fezes não tratadas é sempre considerada insegura, devido à presença potencial de patógenos (Schönning et al., 2004). Assim, a higienização das excretas é o principal desafio no reciclo das fezes em sistemas agrícolas. Visando a higienização, diversos tratamentos vêm sendo empregados nas fezes, entre eles, o armazenamento, incineração, sanitização com amônia, desidratação alcalina e compostagem (Magri, 2013; Nordin, 2010). O objetivo é a preparação de um material estável em termos de atividade biológica e sanitização para o reciclo seguro (Magri, 2013).

#### 1.2.2.1 Desidratação alcalina

Os micro-organismos são afetados por diversos fatores físico-químicos e biológicos que têm influência sobre eles, como temperatura, pH, umidade, nutrientes, radiação solar, dentre outros. Um conteúdo de umidade abaixo de 30-40% é considerado inibitório para os microorganismos em geral, no entanto, os ovos de *Ascaris spp.* são muito tolerantes à dessecação e podem sobreviver com um conteúdo de umidade de 5% (Nordin, 2010). A maioria dos patógenos presentes nas fezes preferem um pH neutro, em torno de 7. Assim, um pH alcalino, em torno de 9 ou superior é capaz de reduzir a carga de patógenos com o tempo. A inativação dos patógenos é proporcional à elevação do pH, ocorrendo de forma mais rápida em pH em torno de 11-12 (Schönning et al., 2004). Na desidratação alcalina diversos tipos de materiais são utilizados, como sal, cinzas e conchas de ostras. Tais materiais elevam o pH, diminuindo a umidade das fezes de acordo com o tempo, ademais, esses materiais também

reduzem o mau cheiro e o risco de moscas, cobrindo o material fecal a cada defecação (Esrey, 1998; Magri, 2013).

A desidratação alcalina é um método simples, que além de cobrir o material fecal, evitando odores e moscas, inativa os micro-organismos patogênicos de forma eficaz. Para além da desidratação das fezes, o processo de higienização é de suma importância. Neste sentido, a adição de ureia a mistura do aditivo utilizado para recobrimento das fezes é um ótimo agente sanitizante.

Devido à presença da enzima urease, a ureia se decompõe em carbonato e amônia quando entra em contato com fezes (MAGRI et al., 2015). O aumento do pH em conjunto com a alcalinização celular pela amônia não ionizada ( $\text{NH}_3$ ) é a base do tratamento com ureia. Ainda, em razão do pequeno tamanho da molécula de amônia e à alta solubilidade em água e lipídios, a ureia pode passar mais facilmente pelas membranas celulares e outras barreiras por simples difusão. A amônia ( $\text{NH}_3$ ) quando em contato com as células bacterianas pode desnaturar as membranas e as proteínas celulares. O gás de amônia danifica rapidamente as células bacterianas, causando assim a sua morte (Nordin, 2010). Ainda, de acordo com estudos conduzidos por (Magri et al., 2013; Nordin, 2010) o teor de ureia indicado para sanitização de lodo fecal é de 0,5 a 2%. Em suma, no processo de desidratação alcalina, o material pode ser higienizado em um intervalo de tempo de 3 a 6 meses a depender da temperatura (Magri et al., 2015; Nordin, 2010). É importante ressaltar que o material fecal tratado por desidratação alcalina não possui indicação de ser enviado para a compostagem, uma vez que irá alterar a microbiota responsável pelo processo de degradação da matéria orgânica durante o processo.

A caracterização nutricional do biofertilizante após o tratamento de desidratação alcalina é 0,5% de nitrogênio, 2,2% de fósforo e 2,1% de potássio (Carlson et al., 2023).

### 1.3 CO-COMPOSTAGEM

Embora a desidratação alcalina seja um método muito eficaz para o tratamento e higienização das excretas, muitas propriedades permaculturais utilizam o banheiro seco apenas com a serragem como material para recobrimento das fezes. Neste sentido, embora o material possa evitar a proliferação de moscas, ele não tem qualquer ação sobre a higienização das fezes, sendo indicado neste caso, a compostagem das fezes com resíduos orgânicos para a higienização do material (Cofie et al., 2016; Ferreira et al., 2024; Inácio and Miller, 2009; Vinneras, 2002).

A compostagem é o processo de biotransformação de materiais orgânicos em presença de oxigênio. A mineralização e a humificação dos materiais orgânicos, bem como a diminuição de sua massa e volume por meio da degradação microbiana, são os resultados dessa transformação biológica, que resulta em um composto estável, com pH neutro e com teor reduzido de patógenos (Cofie et al., 2016). 4

Os micro-organismos encontrados nas fezes metabolizam o carbono, liberando calor no processo. Como resultado, de acordo com a temperatura, o processo de compostagem pode ser dividido em três fases. O processo começa na fase mesofílica com uma temperatura de 0 a 40 °C, subsequentemente passa para a fase termofílica com uma temperatura de 40 a 70 °C, até que a temperatura caia na fase de maturação para uma temperatura de aproximadamente 40°C. A fase termofílica é a responsável pela decomposição e estabilização da matéria orgânica. Além da temperatura, muitos outros fatores, incluindo composição nutricional da matéria-prima, relação C:N, tamanho de partícula, pH, umidade, aeração e parâmetros operacionais, como revolvimento do material e monitoramento, afetam a qualidade do composto final (Cofie et al., 2016). Como a maioria dos patógenos se reproduzem em temperaturas de até 35°C, sendo o aumento da temperatura um fator limitante para viabilidade desses organismos. Deste modo, o fato de a compostagem ocorrer em temperaturas acima dos 50°C auxilia no objetivo de inativação dos patógenos à um nível seguro (Vinnerås et al., 2003). Desta forma, é necessária a manutenção da fase termofílica por cerca de uma semana para garantir um composto estável (Vinneras, 2002; Vinnerås et al., 2003).

Neste sentido, devido às dificuldades de atingir a temperatura ideal, a compostagem de pequenas porções de material fecal pode não ser recomendada. É recomendado na compostagem com fezes adicionar materiais volumosos, como cascas de árvores, lascas de madeira e materiais ricos em energia, como restos de alimentos, para permitir a aeração do composto e manter um equilíbrio entre as taxas C:N para o sucesso do processo. Portanto, a proporção C:N é fundamental para o sucesso da compostagem. O teor de carbono deve representar pelo menos 50% do peso seco total (COFIE et al. 2016). O material deve ser fácil de obter e passível de decomposição microbiana. Desta forma, como a mistura alcança temperaturas elevadas que garantem a inativação de patógenos, a inclusão de materiais orgânicos, como restos de alimentos, pode ser uma opção viável para a compostagem das fezes (Vinnerås et al., 2003).

Neste sentido, em banheiros com ou sem separação de urina que utilizem serragem como aditivo, tem como recomendação o processo de co-compostagem com resíduos

orgânicos na proporção de 1:4 (fezes, resíduos orgânicos) para inativação dos patógenos devido à exposição à altas temperaturas alcançadas no tratamento.

Ademais, a caracterização nutricional do biofertilizante após o processo de compostagem com resíduos orgânicos é de 3,77% de nitrogênio, 5,3 % de fósforo e 4 % de potássio.

#### 1.4 USO DE BIOFERTILIZANTES RECUPERADOS DE SISTEMAS DE SANEAMENTO NA AGRICULTURA

Diversos autores estudaram o potencial fertilizante de excretas humanas em diferentes culturas. Isto enfatiza a diversidade de combinações possíveis entre os produtos de sistemas ecológicos presentes na literatura e as culturas utilizadas.

Quadro 1: Biofertilizantes de sistemas de saneamento e respectivas culturas utilizadas na literatura.

<b>Autor</b>	<b>Biofertilizante</b>	<b>Cultura</b>
(Guzha et al., 2005)	Urina e Fezes	Milho
(Girija et al., 2019)	Lodo de esgoto compostado com restos de comida.	Batata doce, Feijão
(Chrispim et al., 2015)	Urina	Milho; Alface
(Kutu et al., 2011)	Urina e Fezes separadamente e combinadas	Espinafre
(Moya et al., 2019)	Digestato, Composto e Vermicomposto	Milho
(Triastuti et al., 2016)	Serragem, urina e fezes (Composto Bio-Toilet)	Pinhão manso
(Botto et al., 2015)	Urina	Mamona
(Kassa et al., 2018)	Urina	Milho
(Viskari et al., 2018)	Urina	Cevada

(Amoah et al.,  
2017) Urina, Lodo fecal

Repolho

Fonte: Ferreira (2022)

Ainda, é importante destacar os bons resultados obtidos através do uso das excretas. Em alguns estudos, os biofertilizantes apresentaram rendimentos maiores se comparados aos controles negativos e rendimento similar ao de fertilizantes minerais. Ainda, autores como (Guzha et al., 2005) , apresentam ainda resultados de melhora no condicionamento do solo e na eficiência hídrica.

## 1.5 UMA VISÃO PERMACULTURAL DO FECHAMENTO DO CICLO DE NUTRIENTES PROVENIENTES DE EXCRETAS HUMANAS NO MEIO RURAL E URBANO

A permacultura é um conjunto de princípios de design que tem como objetivo criar sistemas agrícolas mais sustentáveis e autossuficientes, inspirados nos padrões e processos da natureza. De acordo com Bill Mollison, um sistema permacultural, consiste em utilizar, onde for possível, recursos biológicos de plantas e animais, de forma a economizar energia. Neste sentido, tanto o dejetos animais, quanto os dejetos humanos poderiam ser transformados em nutrientes para fertilizar o solo. Desta forma, é importante ressaltar que o uso de banheiros secos, além de economizar água, economiza energia na coleta e tratamento das excretas, recuperando os nutrientes de forma simples e eficaz. Ainda, de acordo a premissa da permacultura de utilizar cuidadosamente o que estiver disponível, fazendo o melhor com aquilo que se tem e de desenvolver alternativas viáveis para o seu melhor aproveitamento, o reciclo de nutrientes em banheiros secos com ou sem segregação de urina é um exemplo de prática que pode ser instalada em locais urbanos ou rurais que queiram fechar o ciclo de nutrientes.

Desta forma, podemos compreender que a adoção de práticas como estas, em cidades e áreas rurais parte de um dos princípios da permacultura, o cuidado com a Terra, que significa cuidar de todas as coisas vivas ou não, e nisso se incluem, solos, espécies e suas variedades, a atmosfera, florestas, micro-habitats, animais e águas. Este princípio implica em favorecer atividades que não causem danos ao meio ambiente, além de práticas que possam reabilitar ambientes degradados pela ação antrópica, bem como a conservação ativa e uso de recursos de forma ética e sem desperdício, criando sistemas úteis e benéficos para todos.

Neste sentido, analisando a visão linear do atual ciclo de saneamento, a implantação deste tipo de sistema em áreas rurais, cidades e até em grandes aglomerações, como por exemplo, eventos, pode ser uma ruptura nos padrões convencionais de saneamento com o intuito de alcançar níveis adequados de economia de água e recuperar recursos importantes, como os micro e macro nutrientes das excretas humanas. Ademais, estas ações visam implantar a visão da permacultura em diversos espaços, difundindo seus princípios de regeneração.

Utilizar estes nutrientes recuperados de sistemas de saneamento em sistemas agroflorestais e agrícolas é um exemplo de como a permacultura e sistemas de saneamento ecológicos podem otimizar recursos e transformá-los em insumos para a manutenção da fertilidade do solo. Assim, em suma, sistemas agroflorestais, soluções de saneamento baseadas na natureza e a permacultura trabalham em conjunto para criar práticas agrícolas regenerativas que promovam um aumento na produção de alimentos, bem como melhoram a saúde ecológica e humana.

De acordo com Bill Molisson, o bom design utiliza as energias naturais que entram no sistema para garantir o fechamento do ciclo energético. Conforme o entendimento da permacultura, cada recurso é uma vantagem ou desvantagem, a depender do uso que se faça dele. Neste sentido, cabe o adendo às orientações de saúde e de medidas de mitigação para o uso benéfico ao solo e ao ser humano com o mínimo possível de risco à saúde humana, animal e ambiental.

## 1.6 ORIENTAÇÕES DE SAÚDE E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO NO RECICLO DE NUTRIENTES RECUPERADOS EM SISTEMAS DE SANEAMENTO.

Como o material fecal é um material a priori contaminado, é importante eliminar os patógenos o mais cedo possível na cadeia do manejo, pois desta forma se reduzem os riscos no seu reciclo (Magri et al., 2013; Nordin, 2010; Schönning et al., 2004). Os patógenos de importância nos sistemas de saneamento são geralmente transmitidos através da rota fecal-oral, ou seja, os patógenos são excretados nas fezes e infectam outra pessoa por ingestão. Os patógenos podem ser transmitidos pelas mãos, pela comida ou água e outros fluídos. Neste sentido, na operação de banheiros secos, o contato direto se refere a um contato intencional ou não com a excreta, como por exemplo, tocando o material e ingerindo-o acidentalmente através dos dedos ou aerossóis. Isto pode ocorrer antes do tratamento, durante o tratamento incluindo o manuseio ou quando o material é usado ou aplicado no solo. A contaminação dos

produtos alimentícios pode ocorrer diretamente da aplicação mas também através de práticas anti-higiênicas na cozinha (Schönning et al., 2004).

Desta forma, os organismos patogênicos que podem estar presentes em biofertilizantes produzidos a partir de excretas humanas representam o maior risco na produção e no uso desses biofertilizantes. A acumulação de patógenos entéricos no solo pode causar contaminação da água e dos cultivos (Carlon et al., 2023; Ferreira et al., 2024; Fongaro et al., 2017). O pH, o tipo de solo, o teor de matéria orgânica, a precipitação e, principalmente, os níveis de saturação do solo são alguns dos fatores que determinam a percolação, sobrevivência e lixiviação de microorganismos patogênicos no solo (Carlon et al., 2023; Fongaro et al., 2017). Acerca da internalização de patógenos em tecido vegetal, em um estudo elaborado pelo laboratório RReSSa, verificou-se que a internalização de patógenos nos cultivos fertilizados com fezes co-compostadas não ocorreu pelo modo endofítico (via raízes) para a bactéria *E. coli*. Neste sentido, danos físicos podem ter permitido a internalização da bactéria no tecido das folhas, protegida do processo de desinfecção (Ferreira et al., 2024).

Assim, é de suma importância a adoção de medidas de mitigação de riscos no uso de adubos orgânicos provenientes de sistemas de saneamento. Assim, destaca-se o trabalho de (Schönning et al., 2004) na sumarização dos riscos e suas respectivas medidas de mitigação conforme quadro 2.

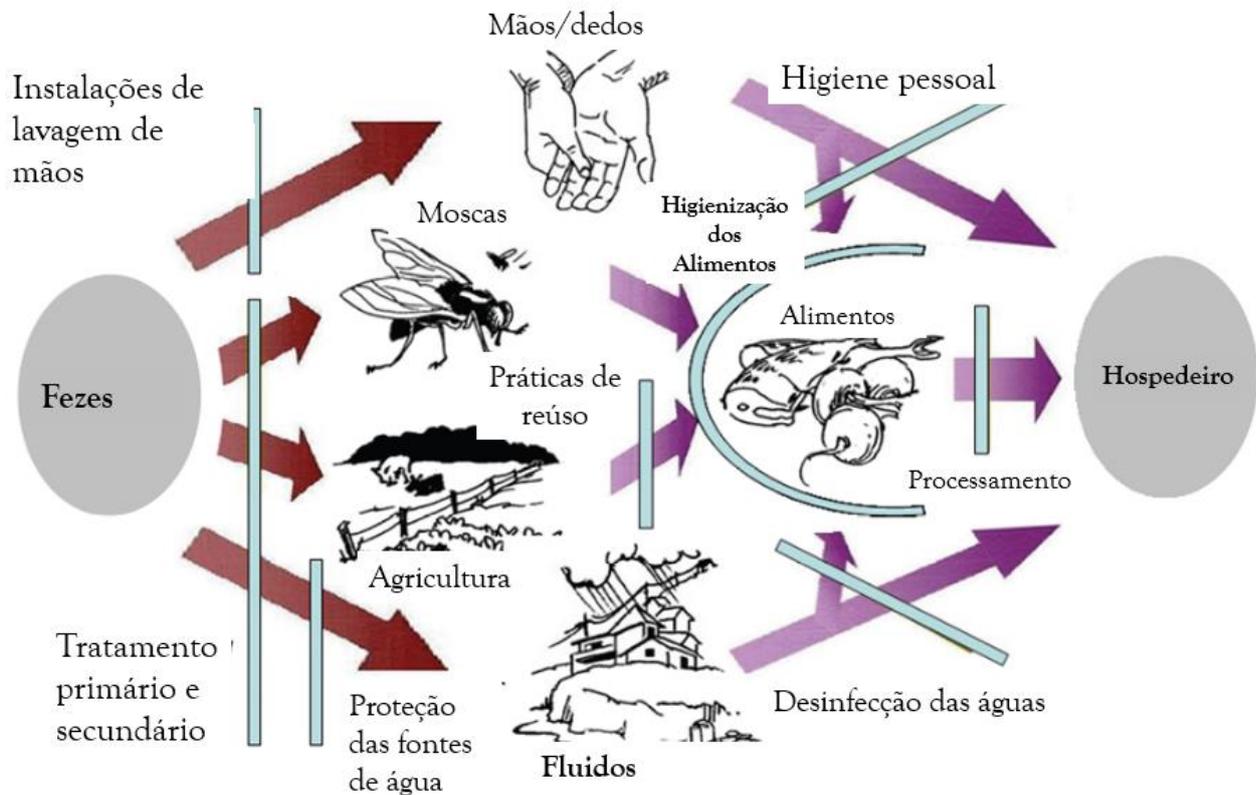
Quadro 2: Procedimentos de riscos no uso de sanitários secos.

<b>Área ou procedimento que propicie exposição aos patógenos</b>	<b>Rotas de transmissão</b>	<b>Medidas técnicas</b>	<b>Medidas comportamentais</b>
Sanitário	Contato direto; transporte para as águas subterrâneas; contaminação ambiental	Água disponível para a lavagem das mãos; câmara de coleta elevada; câmaras de coleta impermeabilizadas (sem infiltração para as águas subterrâneas ou ambiente)	Lavagem das mãos; manter a área do sanitário limpa.
Manuseio primário – coleta e transporte	Contato direto	Cinzas, cal ou outra medida para reduzir os microrganismos do sanitário; pessoas informadas coletam e transportam a excreta	Usar luvas; lavagem das mãos; adição de cinzas, cal ou outra medida para reduzir o conteúdo microbiano durante o uso
Tratamento	Contato direto; contaminação ambiental	Escolha adequada do local; tratamento em sistemas fechados; material informativo e sinalização no local	Usar luvas e roupa protetora; lavagem das mãos; evitar o contato nas zonas de tratamento
Manuseio secundário – aplicação, fertilização	Contato direto	Agricultores informados reutilizam a excreta; equipamento especial disponível	Usar luvas; lavagem das mãos; lavagem do equipamento usado
Campo fertilizado	Contato direto; transporte para as águas superficiais ou subterrâneas	Trabalhando com a excreta dentro da terra; material informativo e sinalização	Evitar campos recém fertilizados
Cultivo fertilizado	Consumo; contaminação da cozinha	Escolha do cultivo adequado	Preparação apropriada e cozinhar os produtos alimentícios; limpeza das superfícies da cozinha e dos utensílios

Fonte: (Schönning et al., 2004)

A inativação de patógenos ocorre também em terras agrícolas depois da aplicação da excreta como fertilizante. Esta inativação com o tempo e devido a condições ambientais predominantes, pode prover uma barreira contra a exposição pelo manejo e consumo dos cultivos e para pessoas e animais que possivelmente entrem no campo fertilizado (Figura 4). A inativação depende da temperatura ambiental, da umidade e da radiação solar (que incrementará a temperatura, reduzirá a umidade e afetará os patógenos com os raios ultravioletas). No solo, os microrganismos que o habitam naturalmente, competirão com os patógenos introduzidos incrementando sua diminuição (Ferreira et al., 2024; Schönning et al., 2004).

Figura 4: Barreiras contra a transmissão de doenças na aplicação, manuseio e reciclo de biofertilizante produzidos em banheiros secos.



Fonte: Traduzido de (Nordin, 2010).

A redução microbiológica adicional no solo com o tempo constitui uma barreira adicional que é de grande importância (Carlon et al., 2023; Ferreira et al., 2024; Fongaro et al., 2017). Neste sentido, recomenda-se a aplicação das diretrizes legislativas para o uso de biofertilizantes no Brasil, previsto pela resolução CONAMA 498/2020 em relação ao tempo de aplicação e colheita, e de culturas permitidas ou não de acordo com a condição microbiológica do biofertilizante obtido.

## 1.7 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA PERTINENTE AO USO DE BIOFERTILIZANTES RECUPERADOS ATRAVÉS DE SISTEMAS DE SANEAMENTO

Atualmente, o Brasil não tem nenhuma regulamentação específica sobre excretas humanas provenientes de banheiros secos. Em relação ao lodo de esgoto, em 2006 foi promulgada a Resolução nº 369 de 2006, do Conselho Nacional do Meio Ambiente

(CONAMA) que definiu critérios para seu uso agrícola e disposição. Entretanto, em 2020 foi sancionada a resolução nº 498 da Conama, revogando a resolução 369/2006. De forma geral, a resolução nº 498/2020 é menos restritiva que a resolução anterior, o que pode ampliar as possibilidades de reciclo. É previsto que para ser enquadrado como classe A o lodo deve atender ao limite de *Escherichia coli* de  $10^3$  UFC.g.ST<sup>-1</sup> e classe B de  $10^6$  UFC.g.ST<sup>-1</sup>, além do cumprimento dos requisitos de tratamentos previstos para cada classe.

Quando se trata de uso, o bio sólido classe A pode ser usado para cultivar alimentos consumidos crus ou quando a parte comestível entra em contato com o solo, desde que seja aplicado pelo menos 30 dias antes da colheita. Não há restrição no que se refere ao tempo entre a aplicação do bio sólido Classe A e o cultivo ou colheita em produtos alimentícios que não têm contato com o solo, produtos alimentícios que não são consumidos crus e produtos não alimentícios. Ademais, também não há restrição para aplicação de bio sólido Classe A em florestas plantadas, recuperação de solos e de áreas degradadas. O uso do bio sólido classe B continua restrito para alimentos consumidos crus. Também é necessário um período de quatro meses entre a aplicação e a colheita de produtos não consumidos crus, quatro meses antes da colheita de forrageiras e dois meses antes do pastejo. O local de uso também não é tão restrito. O bio sólidos classe B pode ser usado em áreas degradadas e protegidas, mas não em áreas de preservação permanente e recursos hídricos (Brasil, 2020).

## **2 OBJETIVO GERAL**

Analisar e testar a operação e aceitabilidade da tecnologia de desidratação alcalina de fezes em banheiros secos na recuperação de nutrientes de dejetos humanos no evento Psicodália 2024.

## **3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Planejamento e dimensionamento da produção de excretas e consumo de aditivo para a implantação de banheiros secos sem separação de urina no festival Psicodália 2024;
- Conduzir a operação da tecnologia em escala real com 2000 usuários durante 6 dias;
- Quantificar o peso final de biofertilizante gerado com o uso da tecnologia.
- Propor culturas da região do evento para aplicação do biofertilizantes após verificação das condições de higiene.
- Analisar a aceitabilidade do público do evento no uso dos banheiros secos.

## **4 ESTUDO DE CASO: GERENCIAMENTO DE BANHEIROS SECOS NO FESTIVAL DE MÚSICA PSICODÁLIA**

### **4.1 FESTIVAL PSICODÁLIA E MOVIMENTO BIODÁLIA PARA SUSTENTABILIDADE DURANTE O FESTIVAL**

A edição de 2024 foi realizada na Serra Catarinense, em Rio Rufino/SC, numa fazenda de mais de 500 mil m<sup>2</sup>, composta por mirantes, paredões, rios de águas cristalinas, lagoas, cachoeira e vasta mata nativa. Com duas décadas de tradição, o festival é conhecido pela sua atmosfera única, que une diversão, arte, muita música de qualidade e imersão na natureza. O evento já apresentou mais de 1.000 performances musicais, com artistas renomados como Jorge Ben Jor, Alceu Valença, Baby do Brasil, Elza Soares, Mutantes, Ian Anderson (Jethro Tull), Steppenwolf, Zé Ramalho, Ney Matogrosso e tantos outros (as). Além de uma pluralidade de expressões artísticas, como teatro, mostra de cinema, dança, circo e artes plásticas, o festival também oferece uma variedade de atividades para adultos e crianças, incluindo recreações, oficinas, workshops e palestras.

O local forneceu uma infraestrutura robusta, com praça de alimentação, bares, ambulatório e segurança, com setores e serviço operando 24 horas por dia durante os 6 dias de festival. Neste sentido, o festival Psicodália pode ser comparado a uma pequena cidade temporária, no que se refere às demandas de energia elétrica, água, insumos, limpeza, manutenção e geração de resíduos sólidos. De forma a minimizar os danos ambientais diversas práticas de gestão socioambiental foram aplicadas, rumo ao fechamento dos ciclos naturais pelo coletivo Biodália.

Sendo elas: a preferência por serviços e produtos locais, plantio de árvores nativas, compra de insumos e alimentos da região, uso de banheiros secos para produção de adubo orgânico, monitoramento da qualidade da água captada, sistema de tratamento de águas cinzas, separação em 03 frações: orgânicos, recicláveis e rejeitos, ponto de entrega voluntária de resíduos – PEV, compostagem dos resíduos orgânicos pelo método UFSC, uso exclusivo de copos reutilizáveis, central de doação de alimentos, recolhimento de lonas usadas para doação a entidades, equipe de monitoria ambiental capacitada, lixeiras devidamente sinalizadas, estrutura de bituqueiras pelo festival.

O Biodália é um grupo presente no Festival Psicodália, dedicado à gestão e cuidados ambientais durante o evento. Composto por profissionais de diferentes áreas, como agroecologia, biologia, engenharia sanitária e agronomia, o Biodália se concentra no manejo

sustentável do local do festival, lidando com questões de saneamento, resíduos, limpeza, monitoria e comunicação ambiental. Seu trabalho inclui orientar os participantes sobre práticas ecológicas, como o uso adequado de banheiros secos, separação de resíduos e escolha de locais apropriados para acampamento, visando preservar a área e minimizar o impacto ambiental do evento.

O Biodália, dentro do Festival Psicodália, visa alcançar um patamar de consciência ambiental cada vez mais elevado. Seu objetivo é promover a sustentabilidade de maneira mais abrangente e aprofundada a cada edição do evento. Isso inclui a implementação de práticas ainda mais eficazes de gestão de resíduos, conservação da água, uso de energias renováveis e a redução do impacto ambiental. Além disso, o Biodália busca expandir seu alcance educacional, visando não apenas orientar os participantes durante o evento, mas também criar uma influência duradoura. A intenção é inspirar ações sustentáveis mesmo após o festival, estimulando a comunidade a adotar práticas ecológicas em suas vidas cotidianas. O grupo busca, assim, estabelecer um legado de consciência ambiental e ações positivas, não só durante o festival, mas também como uma contribuição significativa para a preservação ambiental a longo prazo.

#### 4.2 IMPLANTAÇÃO DE BANHEIROS SECOS NO FESTIVAL COMO ALTERNATIVA À BANHEIROS QUÍMICOS – A ENGENHARIA SANITÁRIA Á SERVIÇO DA CULTURA DA PERMANÊNCIA.

Vistas a necessidade de uma alternativa mais sustentável e ecológica em alternativa aos banheiros químicos, houve a interação entre pesquisas conduzidas na universidade Federal de Santa Catarina, no laboratório RReSSa e a implantação do sistema de desidratação alcalina dos banheiros secos no festival Psicodália 2024. Assim, com vistas a levar uma economia substancial de água potável, bem como de recuperar nutrientes, os banheiros secos foram implantados com o tratamento estático por desidratação alcalina, através do aditivo composto por calcário, cinzas e ureia idealizado pela pesquisadora Magri em sua tese de doutorado (2013).

Além dos benefícios ambientais, a implantação de banheiros secos no Festival representa uma mudança de paradigma em relação ao saneamento, demonstrando que a engenharia sanitária pode estar a serviço da cultura da permanência e do saneamento regenerativo, ou seja, de práticas que respeitam e valorizam os recursos naturais. Essa



contribuiu com aproximadamente 145 gramas de fezes e 1,5 litros de urina por pessoa, por dia de evento. Após esta etapa de quantificação das excretas, foi realizada a escolha da forma de tratamento dos banheiros secos. Para este estudo, optou-se por utilizar banheiros secos sem separação de urina. Com o intuito de ter o mínimo possível de mistura de urina e fezes, utilizou-se cabines exclusivas para defecação com a tecnologia de desidratação alcalina das fezes pelo modo estático como forma de tratamento. Assim, o aditivo utilizado no estudo foi desenvolvido pela pesquisadora Magri (2013) utilizando cinzas, materiais carbonatados e ureia. Assim, a proporção do aditivo utilizado foi de 1 parte de calcário agrícola em pó, 1 parte de cinzas, acrescido de 0,5% de ureia em relação ao peso das fezes. Assim, o aditivo foi misturado e armazenado em bombonas para uso. Para recobrimento das fezes eram utilizados 150% de aditivo sob o peso médio das fezes para cada defecação.

Para o cálculo, levou-se em consideração a quantidade de pessoas presentes no evento, bem como a quantidade de dias. Assim, obteve-se uma estimativa da produção de fezes, bem como a possibilidade de dimensionar a quantidade necessária de aditivo necessária. Desta forma, conforme estimativa, seriam gerados cerca de 1800 kg de fezes, sendo necessário 1307 kg de calcário, 1307 kg de cinzas e 8,7 kg de ureia para recobrimento das excretas no sistema. Para cada defecação, cerca de 218 g de aditivo eram lançados sobre as fezes para recobrimento e desidratação alcalina.

Ademais, é importante ressaltar, que este trabalho compreende apenas as gestão e tratamento das fezes geradas no evento. Assim, o gerenciamento e tratamento da urina não foi compreendido pelo presente trabalho.

### 5.3 ESTRUTURA DOS BANHEIROS E GERENCIAMENTO DAS FEZES DURANTE O EVENTO

Os banheiros secos foram construídos em madeira, formando cabines exclusivas para defecação e urina (Figuras 4 e 5). No total, foram 38 cabines de banheiros secos utilizadas exclusivamente para defecação durante o evento. Outras 12 foram utilizadas como mictório, entretanto, este trabalho tem como foco apenas a gestão das fezes e seu tratamento.

Figura 6: a. Aditivo de cinzas, calcário e ureia, b. Estrutura cabine para urina. c. Estrutura cabine defecação, d. Informativos e educação ambiental nos complexos de



Figura 7: a. Informativos e educação ambiental para uso dos banheiros secos; b, c e d. Estrutura das cabines para defecação,



Fonte: A autora (2024)

As cabines foram divididas em 3 complexos de banheiros, sendo cada um localizado nas proximidades dos campings fornecidos pelo evento (Figura 6). Assim, os banheiros foram numerados para controle do esvaziamento das bombonas e de possíveis problemas durante a operação. A numeração das cabines e os campings respectivos podem ser consultados na figura 8.

Figura 8: Numeração das cabines nos três campings disponíveis no evento.

#### Camping ladeira de baixo

1	2	3	4	5	6	7	8	9*	10*
---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----

11	12	13	14	15	16	17	18	19*	20*
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

#### Camping água viva

41#	42#	43	44	45
-----	-----	----	----	----

#46	#47	48	49	50
-----	-----	----	----	----

#### Camping do vale

21	22	23	24	25	26	27	28	29*	30*
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

31	32	33	34	35	36	37	38	39*	40*
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----

- **Cabines com mictório**  
\* Infiltração no solo  
# Coleta caixa 1m<sup>3</sup>
- **Cabines para defecação**

Fonte: A autora (2024).

#### 5.4 QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DE USO

Com o intuito de avaliar a percepção dos usuários no uso dos banheiros secos durante o evento, foi criado um questionário através do google forms para coleta das percepções dos presentes no evento. Foram aplicadas 20 questões formuladas para avaliar dados sociais e de percepção de uso, sendo:

- Idade
- Gênero
- Profissão
- Nível educacional
- Qual foi o seu grau de satisfação com a estrutura dos banheiros secos no Festival Psicodália, (Escala linear: 1- pouco satisfeito - 5 muito satisfeito).
- Em comparação à um BANHEIRO CONVENCIONAL com fluxo de água, qual o seu grau de conforto no uso dos banheiros secos durante o evento? (Escala linear: 1 – Muito pior – 5 Muito melhor).

- Em comparação aos BANHEIROS QUÍMICOS, avalie o seu grau de conforto no uso dos banheiros secos. (Escala linear 1 – muito pior – 5 muito melhor);
- Quais os problemas e dificuldades podem ser relatados no uso dos banheiros secos durante o festival – Odor, fobia, manuseio do aditivo, higiene, conforto.
- Em relação ao odor dos banheiros secos durante o Psicodália 2024 avalie sua percepção (Escala linear: 1 – Muito ruim -muito odor – 5 – muito bom -sem odor);
- Em relação ao conforto no uso dos banheiros secos, avalie sua percepção. (Escala linear: 1- pouco confortável – 5 muito confortável);
- Em relação ao manuseio do aditivo e facilidade de uso dos banheiros secos, avalie sua percepção. (Escala linear: 1 – Muito ruim – 5 ótimo);
- Avalie sua percepção em relação à higiene das instalações de banheiro seco durante o Psicodália 2024. (Escala linear:1 muito ruim – 5 ótimo);
- Você acredita que há riscos à saúde com o uso de banheiros secos (sim – não);
- Quais riscos você acredita que os usuários e operadores de sistemas de banheiro seco estão expostos? (Resposta curta);
- Você acredita que adubos orgânicos recuperados de banheiros secos deveriam ser reciclados na agricultura? (sim – não);
- Você estaria disposto a utilizar adubos orgânicos recuperados de banheiros secos em cultivos? (sim- não);
- Você estaria disposto a comer alimentos cultivados com adubos orgânicos recuperados de banheiros secos? (sim – não);
- Em quais plantas você usaria este tipo de adubo orgânico? (hortaliças, tubérculos, paisagismo, recuperação de áreas degradadas, grãos e cereais, frutíferas, nenhuma);
- No geral, você estaria disposto a utilizar banheiros secos como sistema de saneamento em eventos e em espaços públicos e privados? (sim – não).
- Espaço livre para dicas de melhorias no sistema ou percepções não compreendidas no formulário (Resposta curta).

O formulário ficou aberto para o recebimento de respostas do dia 12 ao dia 25 de Abril/2024 e contou apenas com a divulgação nos canais de comunicação do evento Psicodália (Instagram e grupo do Facebook). Ademais, o comportamento a respeito das intenções de uso de biofertilizantes produzidos em sistemas de saneamento, foram medidos estatisticamente através das questões com respostas binárias (sim e não), codificadas como 2:

sim e 1: não. Desta forma, a probabilidade de resposta é dada como:  $1 \leq \mu \leq 2$ . O score médio é calculado ( $1 \leq \mu \leq 2$ ) e então a partir deste score se avalia se o comportamento é neutro = 1,5, atitude negativa <1,5 ou se a atitude é positiva >1,5 (Gwara et al., 2022). Para as demais perguntas com respostas em escalas lineares foram gerados apenas os gráficos com a porcentagem de cada resposta, sem avaliação estatística.

## 5.5 MAPEAMENTO DAS CULTURAS COM APTIDÃO PARA RECEBIMENTO DAS FEZES TRATADAS COM UREIA GERADAS NO FESTIVAL PSICODÁLIA

A verificação das possíveis culturas e municípios para aplicação do biofertilizante fezes tratadas com ureia foi realizada fazendo a verificação da microrregião da cidade em que o Festival ocorreu e correlacionando as culturas que seriam passíveis de aplicação do biofertilizante conforme legislação ambiental em vigor. Os dados das culturas, como, município, área plantada, produção média em quilogramas por hectare, e quantidade total produzida em toneladas, foram obtidos através do InfoAgro-SC (2024), produto desenvolvido pela EPAGRI para divulgação dos dados agrícolas do Estado de Santa Catarina. Assim, foi construído uma tabela com as seguintes culturas: aveia, cevada, trigo, soja, maçã, fumo, feijão e milho. Ademais, os municípios inseridos na microrregião de Campos de Lages, onde está localizada a cidade de Rio Rufino-SC, incluem: Anita Garibaldi, Bocaina do Sul, Bom Jardim da Serra, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Celso Ramos, Cerro Negro, Correia Pinto, Lages, Otacílio Costa, Paineira, Palmeira, São Joaquim, São José do Cerrito, Urubici, Urupema, Bocaina do Sul, Bom Retiro, Campo Belo do Sul, Capão Alto, Cerro Negro, Correia Pinto e Lages.

## 6 RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DE CASO

### 6.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA E CONSUMO DE ADITIVO

Seguindo a metodologia desenvolvida pela pesquisadora Magri (2013), obteve-se os seguintes resultados de dimensionamento para o festival Psicodália 2024. Neste sentido, considerou-se a média de 52 usuários por cabine/dia, estimando-se a produção por compartimento de 20 kg de fezes desidratadas por dia.

Tabela 2: Dimensionamento uso banheiros secos durante o evento.

---

## DIMENSIONAMENTO DOS BANHEIROS SECOS PARA DEFECÇÃO

---

VOLUME DE DEJETOS POR PESSOA POR DIA (+ CINZA)	<b>363</b> gramas (g)
VOLUME ESTIMADO DE DEJETOS POR PESSOA POR DIA	<b>145</b> gramas (g)
VOLUME DE SUBSTRATO UTILIZADO POR USO	<b>218</b> gramas (g)
QUAL O PÚBLICO PREVISTO?	<b>2,000</b> Pessoas
<b>CABINES DE BANHEIRO SECO – DEFECACÃO</b>	
Total de Biossólido gerado (por dia)	<b>740</b> Quilogramas (kg)
Total de Biossólido gerado (6 dias) sem considerar papel higiênico lançado na bombona	<b>4,440</b> Quilogramas (kg)
Volume do compartimento	<b>50</b> L
Total de compartimentos	<b>89</b> Unidades
Número de usuários por compartimento	<b>52</b> usuários
Quantidade de fezes desidratadas por compartimento	<b>20</b> kg/dia
Quantidade final de composto por cabine de banheiros considerando 52 usuários/dia e 6 dias de evento	<b>120</b> Quilogramas (kg)
<b>CÁLCULOS DO SUBSTRATO - CALCÁRIO / CINZA / UREIA (6 dias)</b>	
FEZES	<b>1,740</b> Quilogramas (kg)
CALCÁRIO	<b>1305</b> Quilogramas (kg)
CINZA	<b>1305</b> Quilogramas (kg)
UREIA	<b>8.7</b> Quilogramas (kg)

Fonte: A autora (2024)

## 6.2 ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DO BIOFERTILIZANTE FEZES TRATADAS COM UREIA DURANTE O EVENTO.

No total, durante os seis dias de evento, foram produzidas cerca de 93 bombonas de fezes com aditivo (cinzas, calcário e ureia) com cerca de 50 kg cada, totalizando aproximadamente 4,65 toneladas de fezes desidratadas e tratadas com ureia. Neste sentido, considerando o total de fezes + aditivo, é possível estimar a quantidade de papel higiênico e urina nas bombonas. Neste sentido, o peso estimado das fezes por pessoa é de aproximadamente 145 g/dia, totalizando no evento 1,740 kg de fezes. Considerando o peso do aditivo, 2618,7 kg, a quantidade estimada de papel higiênico e urina em todo o sistema foi de 291,3 kg, considerando o uso de 93 bombonas. Ainda, cabe ressaltar que algumas cabines apresentaram grande quantidade de urina, como por exemplo, a cabine 45, que foi um grande gargalo na gestão devido ao uso incorreto. Acredita-se que por ser a primeira cabine, usuários mais “apertados” acabavam usando incorretamente a cabine e urinando juntamente com a defecação.

No último dia do evento, devido à falta de aditivo para a desidratação alcalina, foi utilizado serragem como material de recobrimento das fezes, totalizando 38 bombonas com cerca de 30 kg, totalizando 1,1 toneladas de material fecal recoberto com serragem. Neste sentido, ressalta-se a importância de realizar a co-compostagem das fezes recobertas com serragem com resíduos orgânicos na proporção correta, para inativação dos micro-organismos patogênicos através das altas temperaturas alcançadas na compostagem. Ainda, ressalta-se que as bombonas onde se utilizou o método de desidratação alcalina não devem ser enviadas para a compostagem.

## 6.3 PERCEPÇÕES SENSORIAIS DURANTE AS OPERAÇÕES DE ESVAZIAMENTO DAS BOMBONAS

Durante os seis dias de operação das 38 cabines de defecação, muitas observações puderam ser feitas à cerca das percepções sensoriais durante o gerenciamento dos banheiros secos. Uma das percepções foi quanto a dificuldade de uso dos banheiros sem separação de urina durante o período da manhã, onde diversos usuários, principalmente mulheres, relataram dificuldades de não urinar durante o processo de defecação nas cabines exclusivas.

Outro parâmetro que se pôde observar durante a operação foi a presença de odor de ureia nos banheiros secos devido principalmente à presença de urina. Neste sentido, a presença de urina, acelerava a volatilização da amônia, liberando odor característico de ureia.

Ainda em relação ao odor, durante os primeiros usos dos banheiros secos não havia odor característico de fezes ou urina. Entretanto, conforme o enchimento das bombonas ocorriam, os banheiros apresentavam um aumento no odor, indicando inclusive o momento da troca das bombonas, devido à diminuição das condições de uso e reclamações dos usuários. Desta forma, a troca das bombonas era efetivada para a melhora do odor dentro dos sanitários.

Ainda, o uso incorreto das cabines de defecação durante o evento, como por exemplo, o hábito de urinar na cabine exclusiva de defecação também aumentava o odor dos banheiros, além de muitas vezes, devido ao hábito dos usuários de não se sentar adequadamente no assento sanitário, a urina acabava acumulada na parte anterior ao assento sanitário, ou seja, na estrutura de madeira dos banheiros. Este fator foi um grande gargalo durante o festival, devido à impossibilidade de uma limpeza efetiva na estrutura, dadas às características absorventes do material utilizado em sua construção, bem como à possibilidade de comprometer o tratamento das fezes nas bombonas devido à entrada de água no sistema com a limpeza. Neste sentido, recomenda-se a implantação de aberturas para ventilação na estrutura dos banheiros secos, de forma a possibilitar a circulação de ar, além da construção de estruturas mais próximas da convencional, de modo a facilitar a limpeza.

Outro ponto de importante destaque, foi a observação de materiais não degradáveis nas bombonas durante a operação de retirada ou ainda durante o uso. Materiais como lenços umedecidos e tecidos foram observados principalmente durante as manhãs. Acredita-se que após os shows, usuários que não portavam papéis higiênicos consigo, utilizam materiais alternativos para higiene após a defecação. Neste sentido, verifica-se a necessidade do fornecimento de papel higiênico nas instalações de forma a diminuir tais problemas com materiais não biodegradáveis no sistema.

#### 6.4 PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS DOS BANHEIROS SECOS

Através do questionário de percepção aplicado após o evento (aplicação em Abril/2024), foram coletadas as percepções de 154 usuários dos banheiros secos, o que representa 7,7% do público total do evento. As respostas do questionário de percepção de uso foram sumarizadas em gráficos para visualização das informações acerca do uso e suas percepções. Ademais, a avaliação estatística da aceitabilidade da tecnologia e do seu respectivo produto fertilizante foi realizada através do cálculo do score de aceitabilidade realizado com base nas perguntas binárias (sim = 2 e não = 1), onde <1,5 indica uma atitude negativa em relação à aceitabilidade, 1,5 indica atitude neutra e >1,5 indica atitude positiva

em relação à aceitabilidade (Gwara et al., 2022). Neste sentido, os scores obtidos podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3: Scores de intenção de uso da tecnologia de banheiro secos bem como do reciclo dos fertilizantes produzidos nestes sistemas e riscos envolvidos.

	Você acredita que há riscos à saúde com o uso de banheiros secos	Você acredita que adubos orgânicos recuperados de banheiros secos deveriam ser reciclados na agricultura?	Você estaria disposto a utilizar adubos orgânicos recuperados de banheiros secos em cultivos?	Você estaria disposto a comer alimentos cultivados com adubos orgânicos recuperados de banheiros secos?	No geral, você estaria disposto a utilizar banheiros secos como sistema de saneamento em eventos e em espaços públicos e privados?
<b>N. de respostas</b>	<b>154</b>	<b>154</b>	<b>154</b>	<b>154</b>	<b>154</b>
<b>Mínimo</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Máximo</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Score</b>	<b>1,1818</b>	<b>1,8571</b>	<b>1,7337</b>	<b>1,7012</b>	<b>1,9155</b>
<b>Desvio padrão</b>	<b>0,3856</b>	<b>0,3499</b>	<b>0,4419</b>	<b>0,45768</b>	<b>0,2780</b>

Com a aplicação desta metodologia, pode-se observar que as intenções de uso dos fertilizantes na agricultura, bem como sua utilização em cultivos próprios e o consumo de alimentos cultivados tiveram aceitação positiva do público entrevistado ( $>1,5$ ). Ainda, a aceitação do uso de banheiros secos em eventos, obteve score de  $1,91 \pm 0,27$ , bem próximo da máxima prevista. Entretanto, observa-se que a percepção de riscos dos usuários em relação ao sistema foi negativa ( $<1,5$ ). Em uma breve comparação ao trabalho de (Gwara et al., 2022) que obteve scores entre 1,59 e 1,66 com questões de aceitabilidade no uso da tecnologia, no reciclo na agricultura e no consumo de culturas fertilizadas como produto do sistema, observa-se que neste trabalho os índices de aceitação foram levemente maiores, variando entre 1,70 e 1,91, o que se deve, principalmente à consciência ambiental do público do evento, já conhecido por suas ações de sustentabilidade.

Em relação a idade média do público, a maioria dos usuários tinham entre 20-35 anos (93 usuários) e 35-50 anos (54 usuários) (Figura 9). Em relação ao gênero, 81 eram mulheres e 70 homens e 3 pessoas não binárias (Figura 10).

Figura 9: Idade dos usuários dos banheiros secos no festival Psicodália 2024.

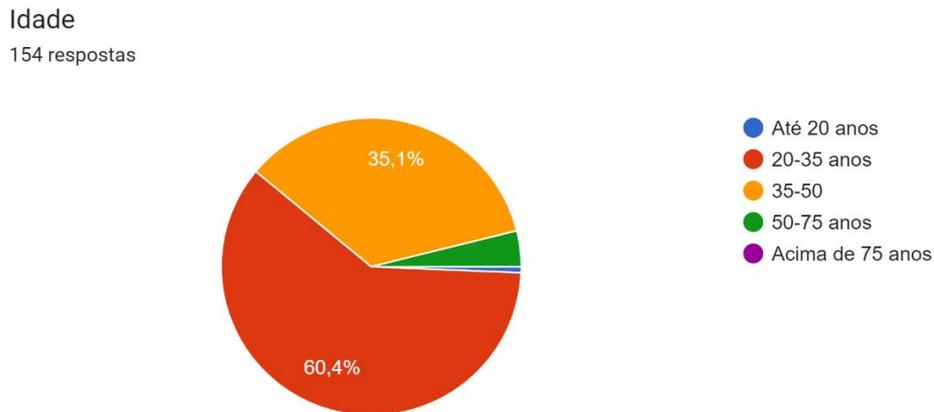
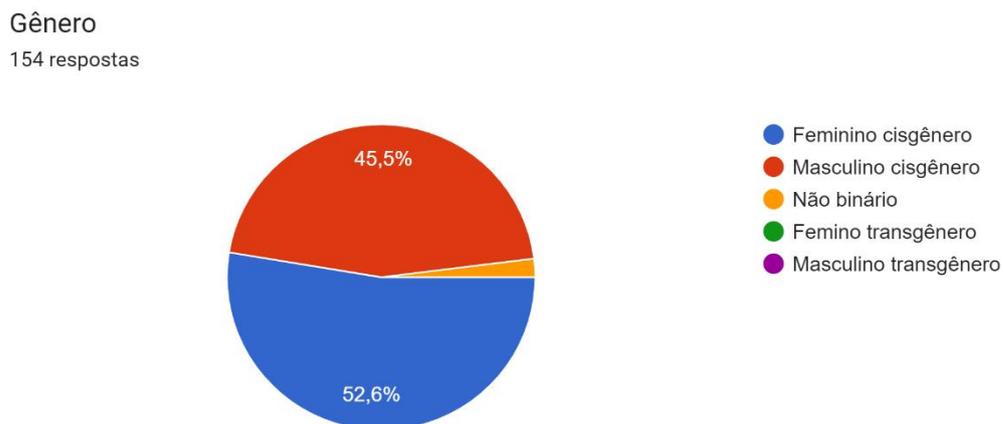


Figura 10: Gênero dos usuários dos banheiros secos no festival Psicodália 2024.



Em relação ao nível educacional dos usuários, verificou-se que a maioria dos usuários possui curso superior (42 pessoas) e pós-graduação completos (61 pessoas) (Figura 11). Acerca do grau de satisfação com a estrutura dos banheiros, observou-se que mais da metade dos entrevistados atribuíram escala muito bom (55 pessoas) e ótimo (57 pessoas) para este quesito (Figura 12).

Figura 11: Nível educacional dos usuários dos banheiros secos no festival Psicodália 2024.

### Nível educacional

154 respostas

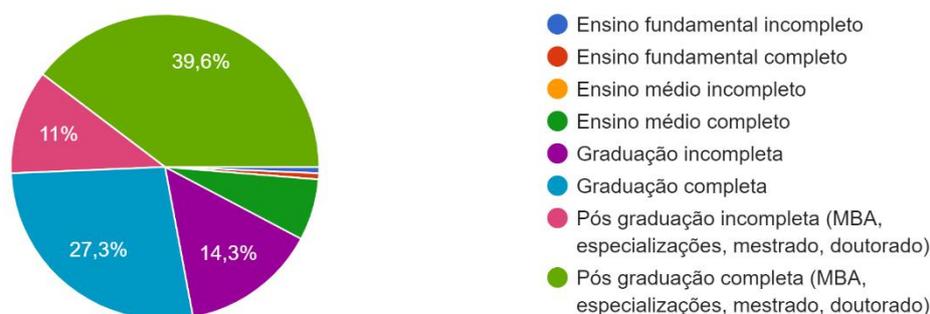
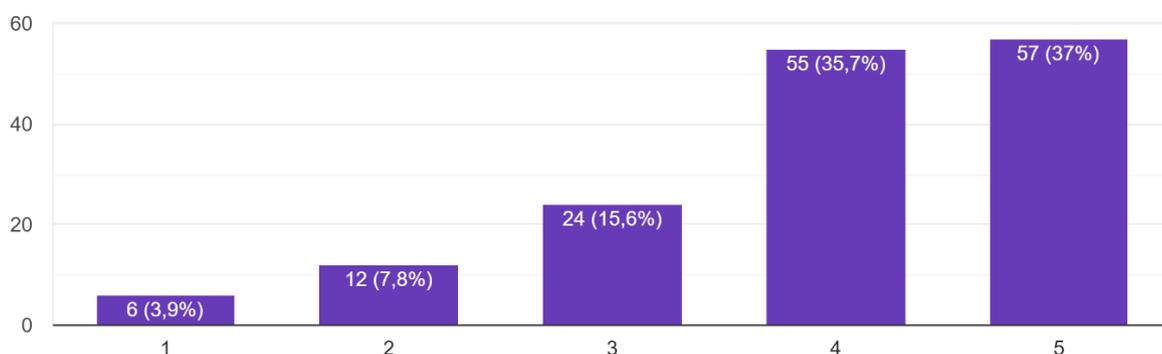


Figura 12: Grau de satisfação com a estrutura dos banheiros secos. Escala linear: 1 muito pior – 5 muito melhor

### Qual foi o seu grau de satisfação com a estrutura dos banheiros secos no Festival Psicodália

154 respostas



Em relação ao grau de conforto no uso de banheiros secos se comparados à um banheiro convencional com fluxo de água, 48 pessoas atribuíram a escala bom. O que indica uma certa neutralidade na comparação entre os dois modelos, 34 pessoas atribuíram muito bom, e 38 a escala ótimo para a comparação, o que indica certa disposição entre os usuários para o uso de banheiros secos mesmo em situações em que banheiros convencionais existam (Figura 13). Já em comparação ao grau de conforto em comparação à banheiros químicos, a disposição no uso aumentou, sendo que 108 pessoas acreditam que banheiros secos são muito melhores em relação ao conforto quando comparados à banheiros químicos, 20 acreditam que

são melhores e somente 26 pessoas tem uma posição neutra (13 pessoas) ou ruim (13 pessoas) (Figura 14).

Figura 13: Grau de conforto no uso dos banheiros secos em comparação à um banheiro convencional com fluxo de água – Escala linear: 1 muito pior – 5 muito melhor.

Em comparação à um BANHEIRO CONVENCIONAL com fluxo de água, qual o seu grau de conforto no uso dos banheiros secos durante o evento?

154 respostas

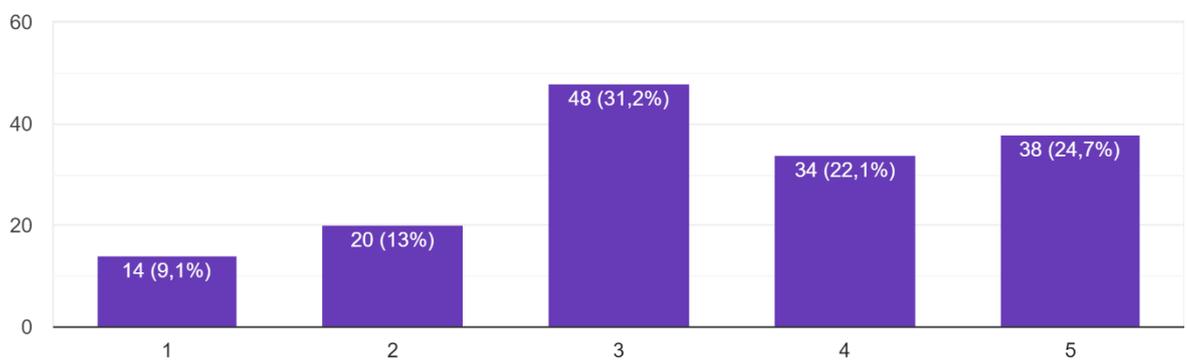
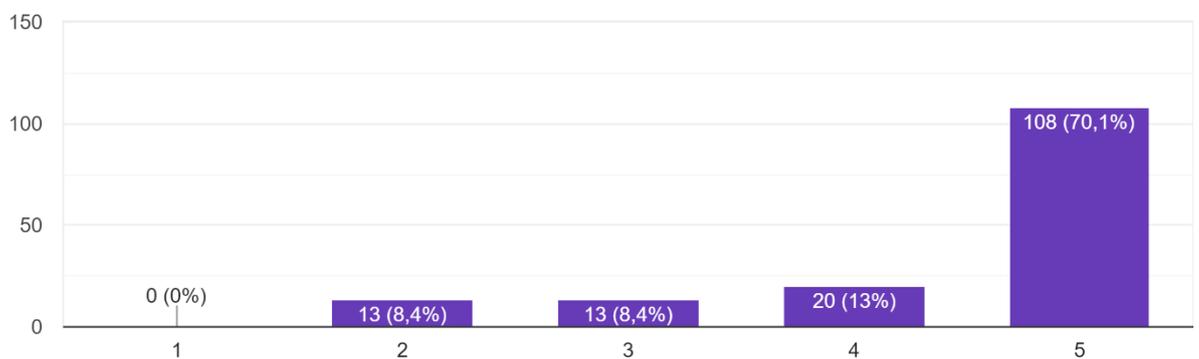


Figura 14: Grau de conforto em banheiros secos em comparação à banheiros químicos - Escala linear: 1 muito ruim – 5 ótimo.

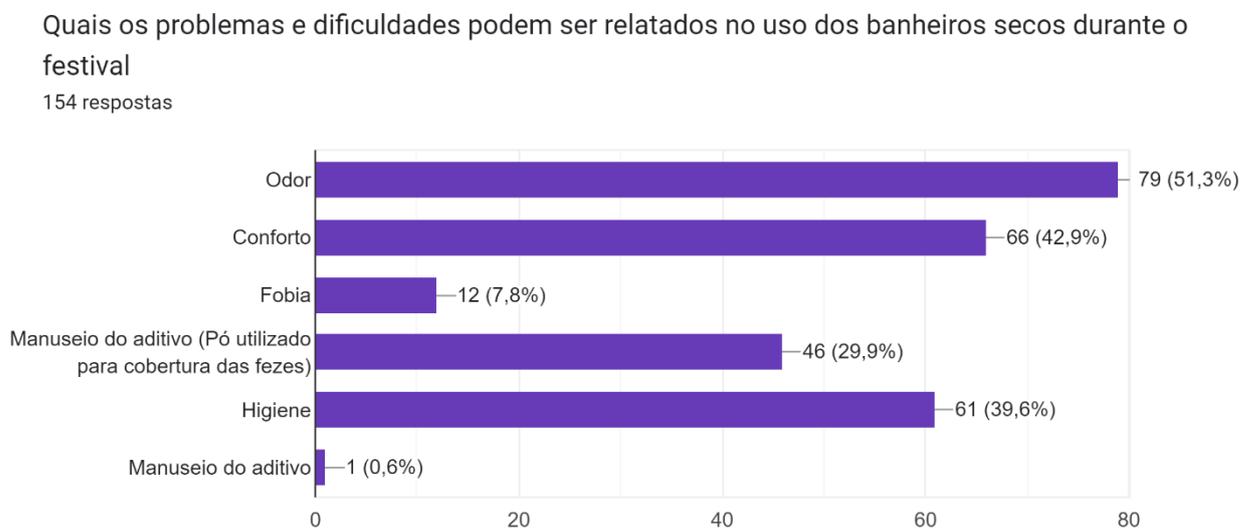
Em comparação aos BANHEIROS QUÍMICOS, avalie o seu grau de conforto no uso dos banheiros SECOS

154 respostas



Em relação aos principais problemas e dificuldades relatados ao uso, questões com o odor foram percebidas por 79 pessoas, seguida pelo conforto (66 pessoas) e higiene (61 pessoas). Questões relacionadas à fobia e manuseio do aditivo foram menos incômodos aos usuários (Figura 15).

Figura 15: Principais problemas e dificuldades relatados ao uso dos banheiros secos durante o evento.



Em relação a percepção do grau de odor nos banheiros, 56 entrevistados acreditam que o odor é neutro, 14 avaliaram o odor como muito ruim (muito odor) e 19 pessoas como ruim, 65 pessoas relataram pouco ou nenhum odor (Figura 16). No que tange ao conforto, 42 pessoas avaliaram como bom, 43 como muito bom e 31 pessoas como ótimo. Neste sentido, observa-se que a percepção de conforto foi positiva no uso dos banheiros secos durante o evento (Figura 17).

Figura 16: Percepção de odor nos banheiros secos - Escala linear: 1 muito odor - 5 nenhum odor.

Em relação ao odor dos banheiros secos durante o Psicodália 2024 avalie sua percepção

154 respostas

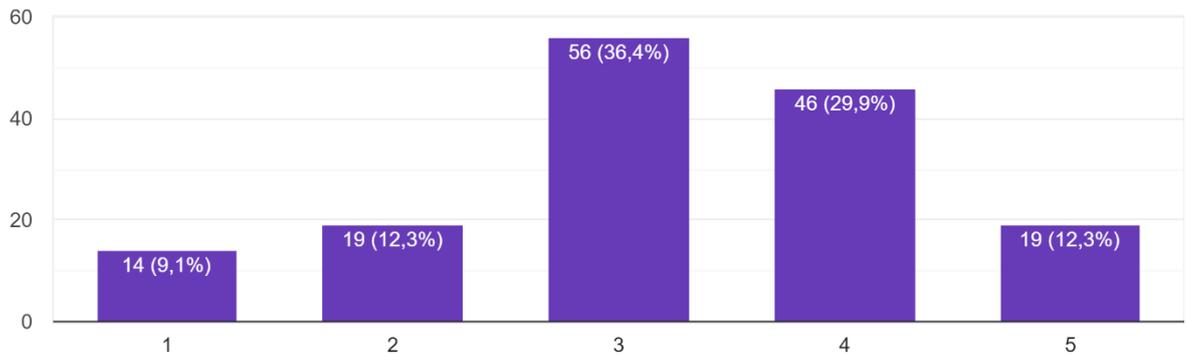
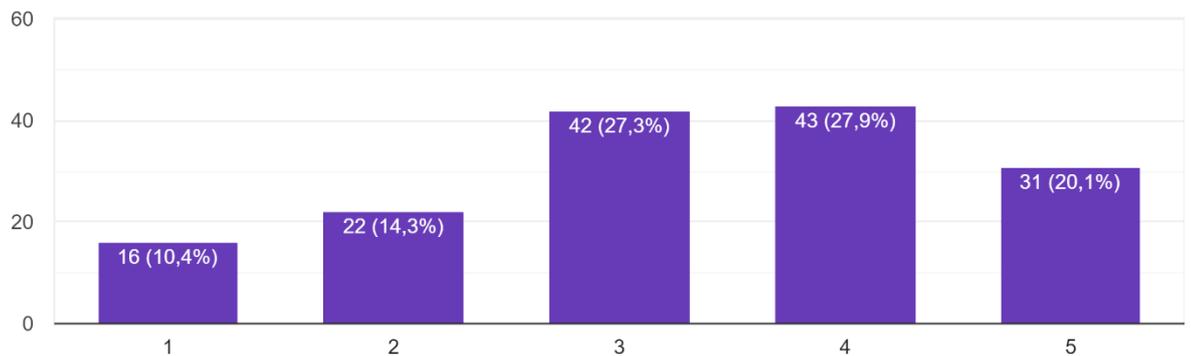


Figura 17: Percepção de conforto no uso dos banheiros secos durante o festival – Escala linear: 1 muito ruim – 5 ótimo.

Em relação ao conforto no uso dos banheiros secos, avalie sua percepção

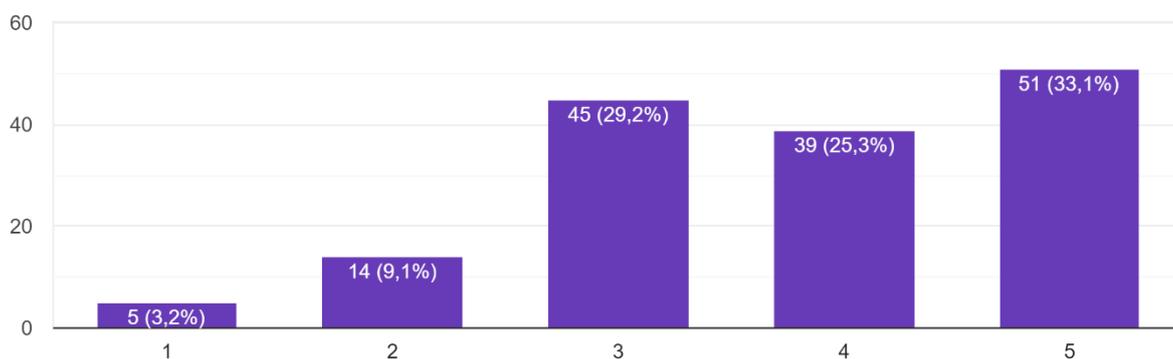
154 respostas



Em relação ao manuseio do aditivo, 21 pessoas relataram muita dificuldade no manuseio, 45 pessoas relataram neutralidade no manuseio, e 39 pessoas avaliaram como muito bom e 51 pessoas como ótimo a facilidade do uso do aditivo (Figura 18).

Figura 18: Percepção do manuseio do aditivo – Escala linear: 1 muito ruim - 5 ótimo.

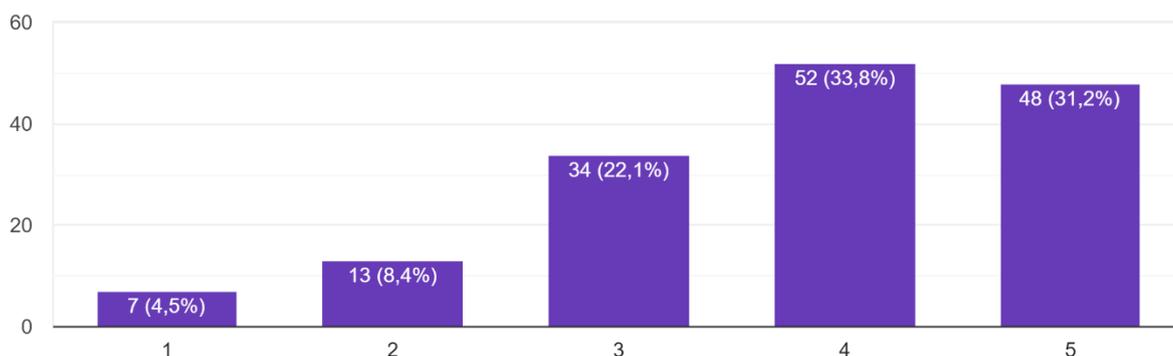
Em relação ao manuseio do aditivo e facilidade de uso dos banheiros secos, avalie sua percepção.  
154 respostas



Em relação a percepção de higiene das instalações dos banheiros secos, 48 pessoas avaliaram como ótimo, 52 como muito bom, 34 apresentaram opinião neutra e 20 pessoas apresentaram opinião negativa. Desta forma, conclui-se que dentro das possibilidades de um evento com tantas pessoas, as condições de higiene foram mantidas com manutenções constantes pela equipe da limpeza e de retirada das bombonas (Figura 19).

Figura 19: Percepção da higiene das instalações dos banheiros secos. Escala linear: 1 muito ruim – 5 ótimo

Avalie sua percepção em relação à higiene das instalações de banheiro seco durante o Psicodália 2024  
154 respostas



Em relação a percepção de riscos pelos usuários, observou-se que 126 pessoas não consideram que banheiros secos os expõem a mais riscos em comparação a banheiros convencionais. Assim, para tentar entender melhor esta percepção, após esta pergunta, havia um espaço para resposta curta sobre os riscos que os usuários acreditavam estar expostos (Figura 20). Neste sentido, muitos usuários levantaram a questão de risco microbiológico e de transmissão de doenças, bem como os riscos envolvidos para os operadores e usuários que não seguem as recomendações de higienização das mãos e do uso dos banheiros (Apêndice).

Ademais, 132 pessoas (85,7% dos entrevistados) acreditam que os recursos recuperados de banheiros secos devem ser recuperados na agricultura, apenas 22 pessoas acreditam que não se deve utilizar o produto na agricultura (Figura 21). Acerca da disposição do uso em cultivos próprios e do consumo de produtos fertilizados com recursos de sistemas de saneamento, observou-se aceitação ao uso de mais 70% dos usuários, onde 113 usuários estariam dispostos a utilizar este tipo de fertilizante em seus cultivos e 108 dispostos a comer alimentos fertilizados com o mesmo (Figuras 22 e 23).

Figura 20: Percepção dos riscos envolvidos no uso dos banheiros secos.

Você acredita que há riscos à saúde com o uso de banheiros secos

154 respostas

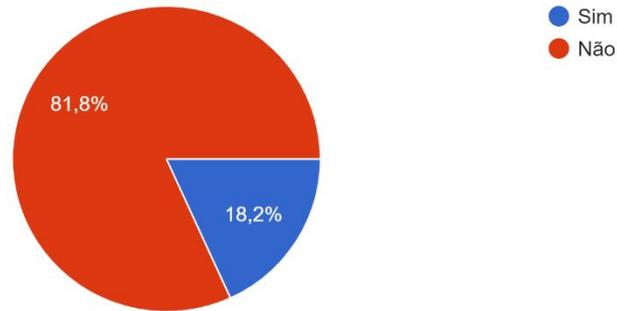


Figura 21: Percepção acerca do uso de recursos recuperados de banheiros secos na agricultura

Você acredita que adubos orgânicos recuperados de banheiros secos deveriam ser reciclados na agricultura?

154 respostas

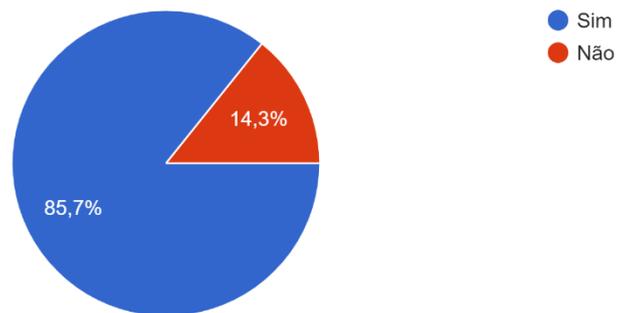


Figura 22: Percepção de uso de adubos orgânicos em cultivo próprio.

Você estaria disposto a utilizar adubos orgânicos recuperados de banheiros secos em cultivos?

154 respostas

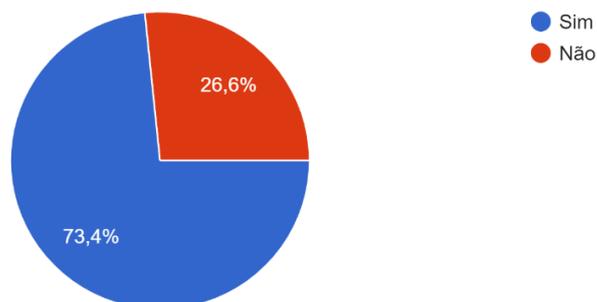
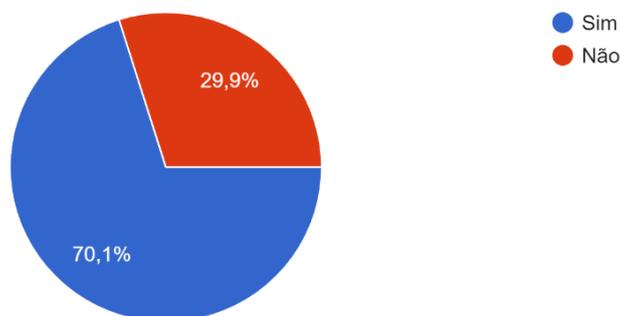


Figura 23: Percepção de disposição ao consumo de alimentos fertilizados com recursos recuperados de banheiros secos.

Voce estaria disposto a comer alimentos cultivados com adubos orgânicos recuperados de banheiros secos?

154 respostas



Acerca dos tipos de cultura que os usuários estariam dispostos a utilizar o biofertilizante recuperado de banheiros secos, 134 pessoas utilizariam em áreas degradadas, 116 pessoas em paisagismo, 73 pessoas utilizariam em frutíferas, 52 em cereais e grãos, 47 em hortaliças e 43 em tubérculos. Apenas 9 pessoas não utilizariam o fertilizante em nenhuma cultura (Figura 24).

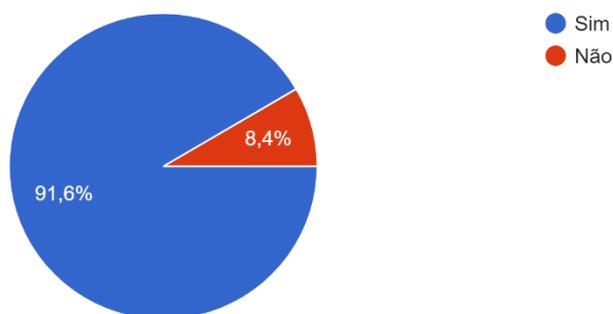
Figura 24: Tipos de usos intencionados pelos usuários dos banheiros secos.



Figura 25: Intenção de uso de banheiros secos em eventos e espaços públicos e/ou privados.

No geral, você estaria disposto a utilizar banheiros secos como sistema de saneamento em eventos e em espaços públicos e privados?

154 respostas



Por fim, 141 entrevistados acreditam que poderiam utilizar banheiros secos em eventos e espaços públicos e/ ou privados, apenas 13 relataram não estarem dispostos a fazer o uso da tecnologia (Figura 25). Isto demonstra uma aceitação positiva desta tecnologia entre o público do evento.

## 6.5 POSSÍVEIS CULTURAS E MUNICÍPIOS DA REGIÃO DO FESTIVAL PARA DESTINAÇÃO AGRÍCOLA DO BIOFERTILIZANTE APÓS VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES MICROBIOLÓGICAS.

Como resultado da etapa de mapeamento das culturas passíveis de receber o biofertilizante fezes tratadas com ureia, uma tabela foi organizada de acordo com os municípios da microrregião de Campos de Lages, onde a cidade de Rio Rufino está inserida e as 8 culturas escolhidas de acordo com os critérios estabelecidos pela resolução CONAMA 498/2020 para biossólidos (Tabela 4). Ademais, é importante ressaltar que o reciclo em culturas aptas ainda depende da verificação das condições microbiológicas das fezes tratadas como prevê a resolução CONAMA 498/2020. Deste modo, de forma a viabilizar o reciclo deste material após a determinação da sua higienização, é recomendado o contato com os agricultores das culturas e cidades apresentados na tabela 4, preferencialmente por intermediação da EPAGRI para o recebimento do material e aplicação em dosagens corretas conforme a cultura e a qualidade nutricional do solo.

Tabela 4: Culturas com aptidão para recebimento do biofertilizante gerado no festival após verificação da qualidade microbiológica para aplicação.

<b>Produto</b>	<b>Município</b>	<b>Microrregião</b>	<b>Área Plant (ha)</b>	<b>Prod. Méd (kg/ha)</b>	<b>Qtd. Prod. (t)</b>
<b>Feijão 1a Safra</b>	Anita Garibaldi	Campos de Lages	400	2100	840
<b>Fumo</b>	Anita Garibaldi	Campos de Lages	12	2000	24
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Anita Garibaldi	Campos de Lages	2000	8400	16800
<b>Milho Silagem</b>	Anita Garibaldi	Campos de Lages	1000	45000	45000
<b>Soja 1a safra</b>	Anita Garibaldi	Campos de Lages	3400	3600	12240
<b>Trigo</b>	Anita Garibaldi	Campos de Lages	150	3600	540
<b>Feijão 1a Safra</b>	Bocaina do Sul	Campos de Lages	200	2100	420
<b>Fumo</b>	Bocaina do	Campos de Lages	17	2000	34

	Sul				
<b>Milho Grão</b>	Bocaina do	Campos de Lages	800	7200	5760
<b>1a Safra</b>	Sul				
<b>Milho</b>	Bocaina do	Campos de Lages	600	45000	27000
<b>Silagem</b>	Sul				
<b>Soja 1a safra</b>	Bocaina do	Campos de Lages	1600	3600	5760
	Sul				
<b>Trigo</b>	Bocaina do	Campos de Lages	80	3600	288
	Sul				
<b>Feijão 1a Safra</b>	Bom Jardim da Serra	Campos de Lages	50	1500	75
<b>Maçã Fuji</b>	Bom Jardim da Serra	Campos de Lages	660	33000	21780
<b>Maçã Gala</b>	Bom Jardim da Serra	Campos de Lages	600	33250	19950
<b>Milho Grão</b>	Bom Jardim da Serra	Campos de Lages	150	4200	630
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Bom Jardim da Serra	Campos de Lages	350	30000	10500
<b>Silagem</b>					
<b>Feijão 1a Safra</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	230	2000	460
<b>Fumo</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	72	2000	144
<b>Maçã Fuji</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	76	45000	3420
<b>Maçã Gala</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	111	38000	4218
<b>Milho Grão</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	2400	6000	14400
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	500	40000	20000
<b>Silagem</b>					
<b>Soja 1a safra</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	8000	3900	31200
<b>Trigo</b>	Bom Retiro	Campos de Lages	2000	3800	7600
<b>Aveia</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	72	1000	72
<b>Feijão 1a Safra</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	1000	2200	2200
<b>Fumo</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	8	2000	16

<b>Maçã Fuji</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	56	35000	1960
<b>Maçã Gala</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	36	32300	1162.8
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	3300	10200	33660
<b>Milho Silagem</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	500	45000	22500
<b>Soja 1a safra</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	1400 0	3900	54600
<b>Trigo</b>	Campo Belo do Sul	Campos de Lages	2100	4200	8820
<b>Feijão 1a Safra</b>	Capão Alto	Campos de Lages	300	1800	540
<b>Maçã Gala</b>	Capão Alto	Campos de Lages	10	30685	306.85
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Capão Alto	Campos de Lages	3200	9000	28800
<b>Milho Silagem</b>	Capão Alto	Campos de Lages	300	45000	13500
<b>Soja 1a safra</b>	Capão Alto	Campos de Lages	9000	3600	32400
<b>Trigo</b>	Capão Alto	Campos de Lages	600	4000	2400
<b>Feijão 1a Safra</b>	Celso Ramos	Campos de Lages	50	1800	90
<b>Fumo</b>	Celso Ramos	Campos de Lages	159	2000	318
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Celso Ramos	Campos de Lages	1100	6600	7260
<b>Milho Silagem</b>	Celso Ramos	Campos de Lages	200	33000	6600
<b>Soja 1a safra</b>	Celso Ramos	Campos de Lages	900	3400	3060
<b>Feijão 1a Safra</b>	Cerro Negro	Campos de Lages	1800	1800	3240
<b>Fumo</b>	Cerro Negro	Campos de Lages	52	2000	104
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Cerro Negro	Campos de Lages	2100	9600	20160
<b>Milho Silagem</b>	Cerro Negro	Campos de Lages	50	35000	1750

<b>Soja 1a safra</b>	Cerro Negro	Campos de Lages	5500	3600	19800
<b>Trigo</b>	Cerro Negro	Campos de Lages	400	4000	1600
<b>Feijão 1a</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	120	1800	216
<b>Safra</b>					
<b>Maçã Fuji</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	57	35000	1995
<b>Maçã Gala</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	63	33200	2091.6
<b>Milho Grão</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	1600	9000	14400
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	500	45000	22500
<b>Silagem</b>					
<b>Soja 1a safra</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	5300	3600	19080
<b>Trigo</b>	Correia Pinto	Campos de Lages	200	4000	800
<b>Aveia</b>	Lages	Campos de Lages	500	1000	500
<b>Cevada</b>	Lages	Campos de Lages	240	4800	1152
<b>Feijão 1a</b>	Lages	Campos de Lages	1400	2100	2940
<b>Safra</b>					
<b>Maçã Fuji</b>	Lages	Campos de Lages	70	35000	2450
<b>Maçã Gala</b>	Lages	Campos de Lages	70	32000	2240
<b>Milho Grão</b>	Lages	Campos de Lages	4000	9000	36000
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Lages	Campos de Lages	500	45000	22500
<b>Silagem</b>					
<b>Soja 1a safra</b>	Lages	Campos de Lages	1350	3900	52650
			0		
<b>Trigo</b>	Lages	Campos de Lages	1500	4200	6300
<b>Feijão 1a</b>	Otacílio	Campos de Lages	100	1800	180
<b>Safra</b>					
	Costa				
<b>Milho Grão</b>	Otacílio	Campos de Lages	2700	9000	24300
<b>1a Safra</b>					
	Costa				
<b>Milho</b>	Otacílio	Campos de Lages	400	45000	18000
<b>Silagem</b>					
	Costa				
<b>Soja 1a safra</b>	Otacílio	Campos de Lages	9000	3600	32400
	Costa				
<b>Trigo</b>	Otacílio	Campos de Lages	600	4000	2400
	Costa				
<b>Feijão 1a</b>	Painel	Campos de Lages	60	1200	72

<b>Safra</b>					
<b>Maçã Fuji</b>	Painel	Campos de Lages	160	35000	5600
<b>Maçã Gala</b>	Painel	Campos de Lages	160	47500	7600
<b>Milho Grão</b>	Painel	Campos de Lages	350	4200	1470
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Painel	Campos de Lages	100	30000	3000
<b>Silagem</b>					
<b>Soja 1a safra</b>	Painel	Campos de Lages	550	3200	1760
<b>Feijão 1a</b>	Palmeira	Campos de Lages	100	1800	180
<b>Safra</b>					
<b>Milho Grão</b>	Palmeira	Campos de Lages	400	7200	2880
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Palmeira	Campos de Lages	100	45000	4500
<b>Silagem</b>					
<b>Soja 1a safra</b>	Palmeira	Campos de Lages	2000	3600	7200
<b>Trigo</b>	Palmeira	Campos de Lages	150	4000	600
<b>Feijão 1a</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	40	2100	84
<b>Safra</b>					
<b>Fumo</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	154	2000	308
<b>Maçã Fuji</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	57	35000	1995
<b>Maçã Gala</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	57	32400	1846.8
<b>Milho Grão</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	700	7000	4900
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	300	45000	13500
<b>Silagem</b>					
<b>Soja 1a safra</b>	Rio Rufino	Campos de Lages	600	3600	2160
<b>Feijão 1a</b>	São Joaquim	Campos de Lages	90	1800	162
<b>Safra</b>					
<b>Maçã Fuji</b>	São Joaquim	Campos de Lages	5000	35000	175000
<b>Maçã Gala</b>	São Joaquim	Campos de Lages	3300	43700	144210
<b>Milho Grão</b>	São Joaquim	Campos de Lages	800	4200	3360
<b>1a Safra</b>					
<b>Milho</b>	São Joaquim	Campos de Lages	350	36000	12600
<b>Silagem</b>					
<b>Feijão 1a</b>	São José do	Campos de Lages	2000	1800	3600
<b>Safra</b>	Cerrito				

<b>Fumo</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	54	2000	108
<b>Maçã Fuji</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	2	27000	54
<b>Maçã Gala</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	2	26600	53.2
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	5000	7200	36000
<b>Milho Silagem</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	1000	35000	35000
<b>Soja 1a safra</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	9000	3900	35100
<b>Trigo</b>	São José do Cerrito	Campos de Lages	600	4200	2520
<b>Fumo</b>	Urubici	Campos de Lages	198	2000	396
<b>Maçã Fuji</b>	Urubici	Campos de Lages	320	45000	14400
<b>Maçã Gala</b>	Urubici	Campos de Lages	300	43000	12900
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Urubici	Campos de Lages	600	6000	3600
<b>Milho Silagem</b>	Urubici	Campos de Lages	1000	45000	45000
<b>Feijão 1a Safra</b>	Urupema	Campos de Lages	30	1500	45
<b>Maçã Fuji</b>	Urupema	Campos de Lages	360	35000	12600
<b>Maçã Gala</b>	Urupema	Campos de Lages	245	28500	6982.5
<b>Milho Grão 1a Safra</b>	Urupema	Campos de Lages	70	4800	336
<b>Milho Silagem</b>	Urupema	Campos de Lages	100	35000	3500

Fonte: A autora, adaptado de InfoAagro-Sc, 2024.

## **7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FINAIS A CERCA DO USO DE BANHEIROS SECOS COMO ALTERNATIVA DE GESTÃO DE EXCRETAS EM FESTIVAIS.**

A experiência desta ação de saneamento ecológico e permacultura no festival Psicodália 2024 trouxe diversos pontos a serem discutidos e abordados acerca da usabilidade do sistema e da operação em larga escala para eventos. Neste sentido, é importante ressaltar que a implantação dos banheiros secos ocorreu em uma escala similar à de uma pequena cidade, durante 6 dias, recebendo a contribuição de fezes e urina de 2000 usuários. Assim, destaca-se a importância de projetos de engenharia, bem como planos de mitigação e contenção de riscos. Ainda, é importante ressaltar que a qualidade do material coletado ainda não foi inferida. As análises microbiológicas de alguns lotes de bombonas estão previstas para ocorrer no laboratório RReSSa em meados de setembro/2024. Deste modo, o reciclo no solo ainda depende da verificação das condições microbiológicas deste material.

No que tange a operação dos banheiros secos durante o evento, problemas como a mistura de urina e fezes, ocorreram durante a operação, principalmente em cabines específicas, como a cabine 45 do complexo de banheiros do camping Água Viva. Neste sentido, acredita-se, que o fato de as cabines de urina deste camping estarem no fundo do complexo, favoreciam as pessoas com pressa para urinar, acessarem a primeira cabine disponível, sendo esta cabine a que mais apresentou urina no sistema na verificação in loco. Odores relacionados à conversão da ureia em amônia foram notados durante a operação dos banheiros. A volatilização da amônia se deve ao fato da entrada de urina no sistema e aumento da umidade do material nas bombonas. Neste sentido, em vistas a redução de odor e melhor gerenciamento das excretas, recomenda-se a implantação de separadores de urina nas instalações dos sanitários secos de forma a coletar a urina produzida no local em sua totalidade.

A gestão da urina também é de suma importância para a conservação ambiental, sendo a infiltração no solo de forma direta, uma solução rápida de afastamento, porém com grande impacto ambiental devido a lixiviação do nitrogênio, bem como sua transformação em formas tóxicas de amônia ( $\text{NH}_3$ ) que podem chegar ao lençol freático, principalmente em soluções adotadas em grande escala, quando a quantidade de urina é alta e sumariamente a carga de nitrogênio percolado e lixiviado para águas subterrâneas também. Neste sentido, ressalta-se o uso de tecnologias de tratamento de urina, principalmente as citadas neste trabalho. Assim, destaca-se o armazenamento de urina como um bom método de higienização

devido à hidrólise da ureia e a inativação de possíveis patógenos, bem como a imobilização do nitrogênio para posterior aplicação no solo. Desta forma, o armazenamento de urina pode inativar patógenos, bem como conservar o nitrogênio para aplicação em pastagens e culturas como soja, milho, algodão e trigo. Ademais, todo biofertilizante produzido no evento, poderá ser utilizado nas culturas da região de Rio Rufino – SC e na própria fazenda sede do evento após verificação e conformidade das condições microbiológicas de acordo com a resolução 498/2020.

Acerca da percepção dos usuários, verificou-se uma relação positiva com o uso dos banheiros secos e a disposição do reuso das fezes tratadas como fertilizante em cultivos, com aceitação de uso na agricultura com mais de 80% de aceitação entre os 154 entrevistados e cerca de 70% de intenção de uso em cultivos próprios e uso na própria alimentação. Neste sentido, o score médio de aceitabilidade da tecnologia e do uso do fertilizante produzido, bem como o consumo de culturas fertilizadas com os mesmos, foi de  $1,8 \pm 0,08$ , sendo assim, considerado positivo, conforme metodologia proposta por Gwara et. al (2022). Ainda, segundo os usuários, se comparado aos banheiros químicos, os banheiros secos foram avaliados por 128 pessoas como melhor (20 usuários) e muito melhor (108 usuários). Entretanto, em relação à percepção de riscos, observou-se um score negativo ( $1,18 \pm 0,38$ ). Neste sentido, verificou-se que 81% dos entrevistados (126 pessoas) acreditam que não há riscos no uso dos banheiros secos em comparação à banheiros convencionais. Neste quesito, destaca-se a importância de ações de educação ambiental para conscientização dos usuários e operadores acerca das medidas de prevenção e mitigação dos eventuais riscos. Ademais, em relação a aceitação quanto ao uso dos biofertilizantes produzidos, ressalta-se a importância da aplicação de questionários específicos aos agricultores, de modo a facilitar o reciclo dos nutrientes gerados.

Ressalta-se ainda, a importância de melhorar a estrutura dos banheiros secos, de forma a aproximar-se mais da estética e conforto de banheiros convencionais, com separadores de urina instalados nas peças sanitárias, bons assentos sanitários, iluminação, produtos para a higiene, como papel higiênico, bem como o uso de materiais de fácil limpeza na estrutura das bacias sanitárias e estrutura. Neste sentido, é interessante pensar em estruturas mais duráveis que possam ser reutilizadas ao longo dos anos de duração de festival.

Por fim, recomenda-se o treinamento dos profissionais envolvidos com a limpeza e retirada das bombonas, bem como o uso de EPI's durante o gerenciamento das excretas, como o uso de luvas, máscaras, além da ampliação de pontos para lavagem das mãos e materiais desinfetantes de higiene.

## 8 APÊNDICE

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1H2KHFhqMLHQdAk9G8BPSw0TKom8IitVIcWS5BKaU1bI/edit?resourcekey#gid=1895742483>

## 9 REFERÊNCIAS:

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. ATLAS ESGOTOS: despoluição das bacias hidrográficas. Despoluição das Bacias Hidrográficas. 2022. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>. Acesso em: 02 maio 2022.

Amoah, P., Adamtey, N., Cofie, O., 2017. Effect of urine, poultry manure, and dewatered faecal sludge on agronomic characteristics of cabbage in Accra, Ghana. *Resources* 6, 1–14. <https://doi.org/10.3390/resources6020019>

Björn Vinnerås, H.J., 2003. Separation of faeces combined with urine diversion - function and efficiency, in: 2nd International Symposium on Ecological Sanitation. pp. 579–586.

Botto, M.P., Muniz, L.F., Aquino, B.F. de, Santos, A.B. dos, 2015. Avaliação da produtividade da mamona cultivar brs nordestina fertilizada com urina humana visando à produção de biodiesel (No. 28). Rio de Janeiro.

Brasil, 2020. RESOLUÇÃO Nº 498, DE 19 DE AGOSTO DE 2020 - RESOLUÇÃO Nº 498, DE 19 DE AGOSTO DE 2020 - DOU - Imprensa Nacional.

Carlson, P., Ferreira, F.D.G., Carloto, C.F.M., Fongaro, G., Magri, M.E., 2023. Fate of enteric bacteria and viruses in silt loam soil amended with biofertilizers made from human feces and urine for crop production. *Hyg. Environ. Heal. Adv.* 7, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.heha.2023.100067>

Chripim, M.C., P, D., A, M., 2015. Linking Sanitation to Agriculture : Recycling Nutrients from Human Excreta in Food Production 11.

Cofie, O., Nikiema, J., Impraim, R., Adamtey, N., Paul, J., Kone, D., 2016. Co-composting of Solid Waste and Fecal Sludge for Nutrient and Organic Matter Recovery, International Water Management Institute. <https://doi.org/10.5337/2016.204>

Esrey, S.A., Andersson, I., Hillers, A., Sawyer, R., 2001. Closing the loop : ecological sanitation for food security, 1ª Ed. ed. Swedish international development cooperation agency (Sida). Department for natural resources and the environment, México.

- Esrey, S.A., Sweden. Styrelsen för internationellt utvecklingssamarbete., 1998. Ecological sanitation. Sida.
- Ferreira, F.D.G., 2022. Avaliação da segurança no uso de biofertilizantes produzidos a partir de excretas humanas em cultivos de vegetais: Contaminação das plantas., UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS FLORIANÓPOLIS - CTC PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA.
- Ferreira, F.G., Carlon, P., Magri, M.E., 2024. Recycling composted human feces as biofertilizer for crop production: assessment of soil and lettuce plant tissue contamination by *Escherichia coli* and human adenovirus. *Sci. Total Environ.* 172375. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172375>
- Fongaro, G., García-González, M.C., Hernández, M., Kunz, A., Barardi, C.R.M., Rodríguez-Lázaro, D., 2017. Different behavior of enteric bacteria and viruses in clay and sandy soils after biofertilization with swine digestate. *Front. Microbiol.* 8, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.00074>
- Girija, R., Shettigar, N.A., Parama, V.R.R., Gagana, S., 2019. Evaluation of co-composted faecal sludge application in agriculture. *WIT Trans. Ecol. Environ.* 238, 701–711. <https://doi.org/10.2495/SC190601>
- Guzha, E., Nhapi, I., Rockstrom, J., 2005. An assessment of the effect of human faeces and urine on maize production and water productivity. *Phys. Chem. Earth* 30, 840–845. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2005.08.028>
- Gwara, S., Wale, E., Odindo, A., 2022. Behavioral intentions of rural farmers to recycle human excreta in agriculture. *Sci. Rep.* 12, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09917-z>
- Harder, Robin; Wielemaker, Rosanne; Molander, S., Harder, R., Wielemaker, R., Molander, S., Öberg, G., Harder, Robin; Wielemaker, Rosanne; Molander, S., Harder, R., Wielemaker, R., Molander, S., Öberg, G., 2020. Reframing human excreta management as part of food and farming systems. *Water Res.* 175, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115601>
- Inácio, C. de T., Miller, P.R.M., 2009. Compostagem, Ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. *Embrapa Solos* 1, 156.

- Kassa, K., Zewdie, W., Ali, Y., 2018. Human urine as a source of nutrients for maize and its impacts on soil quality at Arba Minch, Ethiopia. *J. Water Reuse Desalin.* 8, 516–521. <https://doi.org/10.2166/wrd.2018.060>
- Kutu, F.R., Muchaonyerwa, P., Mnkeni, P.N., 2011. Complementary nutrient effects of separately collected human faeces and urine on the yield and nutrient uptake of spinach (*Spinacia oleracea*). *Waste Manag. Res.* 29, 532–539. <https://doi.org/10.1177/0734242X10374900>
- Lal, R., Bouma, J., Brevik, E., Dawson, L., Field, D.J., Glaser, B., Hatano, R., Hartemink, A.E., Kosaki, T., Lascelles, B., Monger, C., Muggler, C., Ndzana, G.M., Norra, S., Pan, X., Paradelo, R., Reyes-Sánchez, L.B., Sandén, T., Singh, B.R., Spiegel, H., Yanai, J., Zhang, J., 2021. Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. *Geoderma Reg.* 25. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398>
- Magri, M.E., 2013. Aplicação de Processos de Estabilização e Higienização de Fezes e Urina Humana em Banheiros Secos Segregadores. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Magri, M.E., Fidjeland, J., Jönsson, H., Albiñ, A., Vinnerås, B., Magri, M.E., Fidjeland, J., Jönsson, H., Albiñ, A., Vinnerås, B., 2015. Science of the Total Environment Inactivation of adenovirus , reovirus and bacteriophages in fecal sludge by pH and ammonia. *Sci. Total Environ.* 520, 213–221. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.035>
- Magri, M.E., Philippi, L.S., Vinnerås, B., 2013. Inactivation of pathogens in feces by desiccation and urea treatment for application in urine-diverting dry toilets. *Appl. Environ. Microbiol.* 79, 2156–2163. <https://doi.org/10.1128/AEM.03920-12>
- Moya, B., Parker, A., Sakrabani, R., Mesa, B., 2019. Evaluating the Efficacy of Fertilisers Derived from Human Excreta in Agriculture and Their Perception in Antananarivo, Madagascar. *Waste and Biomass Valorization* 10, 941–952. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0113-9>
- Nordin, A., 2010. Ammonia sanitisation of human excreta. *Fac. Nat. Resour. Agric. Sci. Dep. Energy Technol. Natl. Vet. Inst. Swedish University of Agricultural Sciences.*
- Rockefeller, A.A., 1998. Civilization and sludge: Notes on the history of the management of human excreta\*. *Capital. Nat. Social.* 9, 3–18. <https://doi.org/10.1080/10455759809358806>

- Schönning, C., Stenström, T.A., Stockholm Environment Institute., EcoSanRes Programme., 2004. Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems. Stockholm Environment Institute.
- Schönning, C., Westrell, T., Stenström, T.A., Arnbjerg-Nielsen, K., Hasling, A.B., Høiby, L., Carlsen, A., 2007. Microbial risk assessment of local handling and use of human faeces. *J. Water Health* 5, 117–128. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.049>
- Simha, P., Mathew, M., Jain, P., Ganesapillai, M., 2016. Resource Recovery and Recycling in Sanitation is Key to Health, Water and Food Security. *Procedia Technol.* 25, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2016.08.098>
- Simha, P., Zabaniotou, A., Ganesapillai, M., 2018. Continuous urea–nitrogen recycling from human urine: A step towards creating a human excreta based bio–economy. *J. Clean. Prod.* 172, 4152–4161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.062>
- Triastuti, J., Sintawardani, N., Irie, M., 2016. Characteristics of Composted Bio-Toilet Residue and Its Potential Use As a Soil Conditioner. *Indones. J. Agric. Sci.* 10, 73. <https://doi.org/10.21082/ijas.v10n2.2009.p73-79>
- Udert, K.M., Larsen, T.A., Biebow, M., Gujer, W., 2003. Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Res.* 37, 2571–2582. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00065-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00065-4)
- Vinneras, B., 2002. Possibilities for Sustainable Nutrient Recycling by Faecal Separation Combined with Urine Diversion. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Vinnerås, B., Björklund, A., Jönsson, H., 2003. Thermal composting of faecal matter as treatment and possible disinfection method - Laboratory-scale and pilot-scale studies. *Bioresour. Technol.* 88, 47–54. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00268-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00268-7)
- Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmér, P., Jönsson, H., 2006. The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste—A proposal for new Swedish design values. *Urban Water J.* 3, 3–11. <https://doi.org/10.1080/15730620600578629>
- Viskari, E.L., Grobler, G., Karimäki, K., Gorbatova, A., Vilpas, R., Lehtoranta, S., 2018. Nitrogen Recovery With Source Separation of Human Urine—Preliminary Results of Its Fertiliser Potential and Use in Agriculture. *Front. Sustain. Food Syst.* 2, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00032>