

## **III-1518 - PROPOSIÇÃO DE PARÂMETROS DE PROJETO E DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM COM BASE EM CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE E SAÚDE AMBIENTAL**

### **João Lucas Lima Aquino Ganem<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é assessor técnico do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa. Possui experiência em monitoramento de Unidades de Triagem e Compostagem, projeto, execução e fiscalização de obras de infraestrutura de saneamento básico: sistemas de água, esgotamento sanitário, estação de tratamento de esgoto e drenagem pluvial.

### **Mônica de Abreu Azevedo<sup>(2)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal de Viçosa. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo. E professora da Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Engenharia Sanitária e Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: resíduos sólidos, tratamento de resíduos, sistemas de gestão e avaliação de impacto na saúde.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rodovia MG 280, KM 05, Casa 05 – Paraíso – Viçosa – Minas Gerais – CEP: 36578-899 - Brasil - Tel: +55 (31) 99274-1004 - e-mail: [joao.ganem@ufv.br](mailto:joao.ganem@ufv.br).

## **RESUMO**

Inúmeros impactos ambientais e à saúde pública são causados pelo manejo inadequado de resíduos sólidos. Não somente às áreas em que se acumulam resíduos de forma inadequada, como também a população no entorno é afetada, poluindo-se o solo, ar e água. No Brasil implementaram-se diversas políticas públicas que almejavam o fim dos lixões, cabendo destaque o programa Minas Sem Lixões em 2003 no Estado de Minas Gerais, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos no ano de 2010 com o estabelecimento de metas de encerramento destes. Porém, percebe-se que a disposição inadequada em lixões ou aterros controlados ainda são métodos bastante utilizados no território nacional (39,8%). Popularizadas na década de 90 as Unidades de Triagem e Compostagem (UTC) são percussores do tratamento de resíduos sólidos no Brasil, que visam a redução dos resíduos aterrados com a recuperação da matéria orgânica e do material reciclável, e também a geração de empregos. Entretanto, não obtiveram eficiência esperada, observando-se um grande encerramento das atividades das UTCs. Às margens de um sub emprego com gestão inadequada os triadores ficam à mercê de uma política digna com baixos os salários e pouca percepção sobre os altos riscos laborais aos quais estão expostos, operando em unidades defasadas e mal conservadas ou com erros de concepção. Obtiveram-se parâmetros mínimos que buscam a eficiência da operação das UTC, respeitando critérios para a saúde ocupacional. Dessa forma, dimensionou-se 3 unidades padrões para diferentes capacidades de processamento de resíduos, apresentando-se layout básicos para poderem ser implementados de acordo com o porte do município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Unidades de Triagem e Compostagem, Riscos Ocupacionais, Resíduos Sólidos, Lixões, Aterros Sanitários.

## **INTRODUÇÃO**

O manejo inadequado dos resíduos sólidos urbanos (RSU) traz impactos ambientais e à saúde pública. Acarreta poluição do solo, água e ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, metais pesados, pesticidas e outros. O que como consequência atraem vetores de transmissão de doenças, cabendo destaque: diarreias, febres entéricas, hepatite A, dengue, febre amarela, malária, doença de chagas, esquistossomose, leptospirose, micoses dentre outras (AUAD et al., 2021).

As áreas de disposição inadequada tornam-se inseguras, onde pode ocorrer a formação de gases tóxicos, explosivos e asfixiantes, que se acumulam no subsolo, ou são emitidos para atmosfera. E sem o devido monitoramento e técnicas de engenharia, há possibilidade de rompimentos e escorregamento dos taludes, gerando riscos de acidentes às propriedades vizinhas, rodovias, assoreamento ou represamento de cursos



d'água, dentre outras diversas possibilidades se não respeitadas as recomendações normativas e critérios ambientais (GOUVEIA, 2012).

Países como a Alemanha, Dinamarca, Bélgica e Suécia apresentaram índices de aterramento de por volta de 1% dos RSU coletados. Para isto, a maioria são reciclados, compostados ou incinerados. Tendo em comum, também, índices de compostagem superiores a 15,6%, e reciclagem elevada, sendo o país que mais recicla a Alemanha, alcançando a marca de 47,8% de RSU reciclados no ano de 2016, atribuindo-lhe a posição de líder mundial em tecnologias e políticas de resíduos sólidos. Enquanto que no Brasil as taxas giram em torno de 1,4% para reciclagem e 0,2% para compostagem (IBIAPINA; OLIVEIRA; LEOCADIO, 2021; KAZA et al., 2018).

Observa-se mundialmente uma preocupação com o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. A taxa de coleta de resíduos sólidos em países subdesenvolvidos aumentou de 22% para 39%, além da tendência global de aumento da coleta, separação, reciclagem, compostagem e destinação final adequada, enquanto que países desenvolvidos já possuem taxa de coleta por volta dos 100%, com maior preocupação na redução da geração dos resíduos, melhoria nos métodos e processos de reciclagem, reutilização e reaproveitamento energético, para diminuição dos rejeitos dispostos em aterros sanitários (KAZA et al., 2018).

Diante da necessidade de avançar quanto ao manejo de RSU no Brasil, lançou-se em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei federal nº 12.305) que estipulava o prazo de agosto de 2014 para a extinção dos lixões, e para serem enviados apenas rejeitos para os aterros sanitários. Tal prazo foi prorrogado para os anos de 2021 e 2024, a depender da quantidade de habitantes do município. A PNRS ainda contempla a implantação da prática da compostagem como destinação ambientalmente adequada para os resíduos sólidos orgânicos, e adoção de práticas de reutilização, reciclagem, recuperação e aproveitamento energético dos RSU, de modo a evitar e minimizar os impactos ambientais e para saúde pública (CAMPOS, 2014).

Enquanto isso, a Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, no estado de Minas Gerais, promoveu o programa Minas sem Lixões (PMSL), criado em agosto de 2003 que trouxe registros até julho de 2020, com o objetivo de apoiar os municípios mineiros na adequação da destinação dos resíduos sólidos urbanos, por meio de ações de orientação, licenciamento e fiscalização ambiental dos empreendimentos de tratamento e destinação de RSU, junto às administrações locais e regionais, convênios e parcerias com instituições privadas e públicas (FEAM, 2019b).

Utilizadas no Brasil desde o final da década de 1960, e com implantação popularizada nos anos 90, as Unidades de Triagem e Compostagem (UTC) têm sido consideradas uma opção para o tratamento adequado dos resíduos sólidos urbanos, especialmente em municípios de pequeno porte. A utilização destas unidades preconiza a valorização dos resíduos, já que o reaproveitamento dos materiais recicláveis e a compostagem da parcela orgânica pode acarretar na geração de renda e a redução da quantidade de resíduos a ser aterrada, além da preservação dos recursos naturais, da economia de energia e da redução da poluição (SIMÕES, 2012 apud LIMA; MANCINI, 2017).

No Brasil, de modo geral, os empreendimentos de Triagem e Compostagem não têm obtido a eficiência operacional esperada, com baixo aproveitamento dos materiais recicláveis, grande quantidade de inertes na compostagem e elevada porcentagem de rejeitos encaminhados para a disposição final, consequências das inadequações na infraestrutura, logística e organização do trabalho, que também prejudicam a saúde e segurança ocupacional (GUTBERLET et al., 2013; MOREIRA et al., 2019; SANTOS, 2017a).

## **OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é realizar uma análise crítica do projeto e operação nas unidades de tratamento de resíduos sólidos urbanos “Unidades de Triagem e Compostagem”, a partir da revisão bibliográfica de textos técnicos relacionados ao manejo de RSU e a saúde ocupacional dos trabalhadores envolvidos no processo. Serão consideradas ainda as constatações registradas na literatura sobre as Unidades de Triagem e Compostagem, e as observações obtidas durante a experiência prática de verificação e acompanhamento dessas unidades na região da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais.

## METODOLOGIA UTILIZADA

Determinou-se como área de estudo o Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga (Cimvalpi) do qual Viçosa/MG faz parte. O Cimvalpi é atualmente composto por 41 municípios, totaliza 723.898 habitantes (IBGE, 2020) e abrange uma área aproximada de 12.925 hectares. Composto, principalmente, por municípios de pequeno porte (população inferior a 20 mil habitantes).

Foram conduzidas pesquisas bibliográficas com obtenção de parâmetros relevantes à pesquisa tais como: tecnologias que devem ser adotadas na Unidade para maior eficiência e mitigação dos riscos ocupacionais e ambientais, a partir da modulação da UTC, conforme Quadro 1. Tais dados foram obtidos a partir de revisão bibliográfica específica ao tema.

**Quadro 1 - Parâmetros físicos das UTCs coletados.**

MÓDULOS ESSENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA UTCs
1. LOCALIZAÇÃO DA UTC
2. INFRAESTRUTURA BÁSICA
3. ÁREA DE RECEPÇÃO
4. ÁREA DE TRIAGEM
5. ÁREA DE ENFARDAMENTO
6. PÁTIO DE COMPOSTAGEM
7. ÁREA DE ESTOCAGEM/ARMAZENAMENTO
8. ÁREA DE DESTINAÇÃO DOS REJEITOS

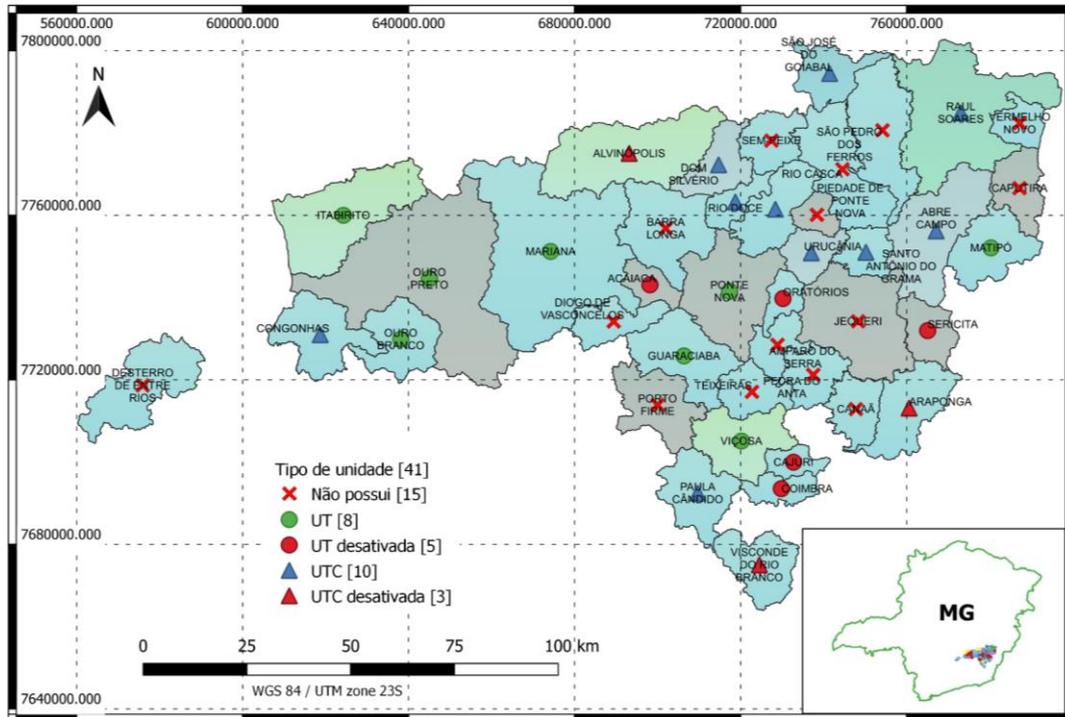
Realizou-se a análise dos dados coletados confrontando-os com os parâmetros sugeridos por diversos autores ou especialistas, com a legislação atual, bem como as NRs trabalhistas, e assim foram sugeridos novos parâmetros para dimensionamento das Unidades de Triagem e Compostagem, baseando-se em critérios de sustentabilidade e saúde ambiental, levando-se em conta a saúde dos envolvidos na gestão dos resíduos sólidos.

## RESULTADOS OBTIDOS: EMPREENDIMENTOS DE TRATAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

Durante a elaboração do Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS) dos municípios consorciados, o Cimvalpi (2020), elencou as suas Unidades de Triagem e/ou Compostagem ativas e desativadas (Quadro 2 e Figura 1), totalizando 16 em funcionamento em 2020, contudo algumas não constavam nos registros da FEAM e DIRAP, como a Unidade de Triagem de Viçosa, apesar de estar ativa desde 2002

**Quadro 2 - Tipos de tratamento de RSU adotado pelos municípios consorciados ao Cimvalpi.**

TIPO DE UNIDADE	QTDE	MUNICÍPIO
UTC	09	Abre Campo, Dom Silvério, Paula Cândido, Raul Soares, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santo Antônio do Grama, São José do Goiabal, Uruçânia.
UTC desativada	03	Alvinópolis, Araponga, Visconde do Rio Branco.
UT	07	Guaraciaba, Mariana, Matipó, Itabirito, Ponte Nova, Ouro Preto, Viçosa
UT desativada	05	Acaiaca, Cajuri, Coimbra, Oratórios, Sericita.
Não possui	15	Amparo do Serra, Barra Longa, Canaã, Caputira, Desterro de Entre Rios, Diogo de Vasconcelos, Jequeri, Pedra do Anta, Piedade de Ponte Nova, Porto Firme, Rio Casca, Sem Peixe, Vermelho Novo, São Pedro dos Ferros, Teixeiras



**Figura 1 - Unidades de Triagem e Compostagem dos municípios integrantes do Cimvalpi.**

Ainda pelo diagnóstico do Cimvalpi (2020), relatou-se o recebimento de resíduos provenientes da coleta convencional (indiscriminada) nas Unidades. O que é desfavorável à para a eficiência do tratamento. Apenas 4 dos 16 empreendimentos analisados obtiveram índice de eficiência superior a 70%, com todos os demais apresentando índice inferior a 40%.

### RESULTADOS OBTIDOS: PARÂMETROS MÍNIMOS OBTIDOS RECOMENDADOS

Investigaram-se os parâmetros mínimos que afetam diretamente a adequabilidade e operação eficiente de uma UTC, descritos no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**3. A não adoção destes pode levar a inoperabilidade devido a dificuldades de atendimento as exigências dos órgãos ambientais, quanto ao licenciamento, eficiência operacional e a exposição a riscos aos operadores da UTC ou população próxima.

**Quadro 3 – Resumo dos parâmetros mínimos obtidos.**

1. LOCALIZAÇÃO DA UTC	
<b>1.1 Zoneamento:</b> Preferencialmente em zonas industriais	<b>1.4 Área total:</b> mínimo de 6.000 m <sup>2</sup> - UTC compacta (SEMA-PR, 2013).
<b>1.2 Distanciamento de núcleos populacionais:</b> >500 metros	<b>1.5 Distanciamento de Cursos d'água:</b> não estar em áreas sujeitas a inundações.
<b>1.3 Distanciamento do aterro sanitário:</b> O mais próximo possível, e menor que 20km	<b>1.6 Distanciamento APP:</b> não estar inserida.
2. INFRAESTRUTURA BÁSICA	
2.1 Acesso	
2.1.1 Placa de identificação: mínimo de 2,00 m de largura x 0,80 m de altura (MPSP, 2013)	
2.1.2 Portão de acordo com o veículo maior utilizado na coleta (recomenda-se o mínimo de 3,00 m largura x 3,50 m altura)	
2.1.3 Cerca: Alamedado de malha de aço ou cerca viva que impeça a entrada de animais pequenos a grande porte	
2.1.4 Pavimentação: concreto, bloquetes ou asfalto. Recomenda-se no mínimo bloquetes para se ter menos problemas de erosões, atolamentos, entre outras inconveniências devido a pavimentação precária	
2.2 Unidade de apoio	

<p>2.2.1 Escritório com computador para organização e planejamento da UTC.</p> <p>2.2.2 Refeitório com bebedouro, fogão, pia e mesa com cadeiras de acordo com o número de funcionários.</p> <p>2.2.3 Banheiros masculinos: 1 mictório para cada 20 trabalhadores ou fração, até 100 trabalhadores, 1 mictório para cada 50 trabalhadores ou fração, no que exceder;</p> <p>2.2.4 Banheiros em geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 instalação sanitária para cada grupo de 20 trabalhadores ou fração, separadas por sexo;</li> <li>• 1 lavatório para cada 10 trabalhadores;</li> </ul> <p>2.2.5 Vestiários divididos por sexo: Mínimo de 2 chuveiros e 2 vasos sanitários (1 masculino, 1 feminino), de acordo com a NR vigente, sendo dimensionado para a quantidade de funcionários por turno.</p> <p>2.2.6 Reservatório de água potável dimensionados para 3 dias de operação em caso de falta d'água.</p> <p>2.2.7 Sistema de tratamento dos efluentes gerados pelas instalações sanitárias</p>
<b>3. ÁREA DE RECEPÇÃO</b>
<p>3.1 Dimensão mínima de 3,00 m de largura para permitir entrada de caminhão, altura a depender do veículo coletor. Mínimo de 5,40 m para caminhões basculantes.</p> <p>3.2 Telhas de fibrocimento ou de trapezoidais de aço galvanizado para redução de custos e facilidade de implantação. Com devido sistema de calhas pluviais que encaminham para sistema de drenagem da UTC</p> <p>3.3 Piso de concreto armado impermeabilizado, com proteção mecânica para evitar infiltração de chorume no solo. Com sistema de ralos para coleta dos efluentes com encaminhamento para sistema de tratamento e disposição final adequada.</p> <p>3.4 Funil metálico com pintura anticorrosão ou em rampa de concreto armado impermeabilizada, com proteção mecânica, direcionada para a mesa/bancada/esteira de triagem.</p>
<b>4. ÁREA DE TRIAGEM</b>
<p>4.1 Bancada de triagem em concreto armado, com inclinação de 1%, altura média de 90 cm; comprimento máximo de 15 m, largura de 60 cm a 70 cm para triagem somente de um lado ou 120cm a 140 cm para triagem dos dois lados; ou esteira mecanizada com velocidade ajustável (6min/m a 12 min/m), altura média de 90 cm e largura de 120 cm para triagem dos dois lados. Recomenda-se dimensionar para o fluxo de 600 kg/dia/triador (mesa) ou 800 kg/dia/triador (esteira).</p> <p>4.2 Pé direito duplo para melhor conforto térmico dos trabalhadores. Recomenda-se a instalação de exaustores do tipo lanterna ou venezianas a depender da arquitetura da cobertura, a fim de melhoria da ventilação e iluminação natural. Possuir calhas coletoras de águas pluviais para possível reaproveitamento como lavagem, descarga ou irrigação das leiras de compostagem e paisagismo.</p> <p>4.3 Piso industrial em placas de concreto ou outro material adequado de fácil limpeza com devidos sistema de coleta dos efluentes advindos da lavagem do espaço de triagem ou do próprio processo</p>
<b>5. ÁREA DE ENFARDAMENTO</b>
<p>5.1 Prensa hidráulica mecanizada para enfardamento de 20kg a 50kg em quantidade adequada a suprir a demanda obtida na triagem. Mínimo de 2 (Reserva/Rodízio).</p> <p>5.2 Empilhadeira manual ou mecânica. Mínimo de 1.</p> <p>5.3 Balança para pesagem dos fardos</p>
<b>6. PÁTIO DE COMPOSTAGEM</b>
<p>6.1 Pátio de compostagem em piso de placas de concreto, com sistema de coleta de lixiviados, com encaminhamento para recirculação ou descarte (necessário atender aos padrões de lançamento da CONAMA n° 357/2005), com elevação e sistema de drenagem de águas pluviais externos que impeçam que as águas do terreno em dias chuvosos invadam o pátio.</p> <p>6.2 Triturador e peneira para se obter um composto de melhor qualidade</p> <p>6.3 Carrinho de mão, termômetro, mangueira, pá e enxada para controle e monitoramento do composto.</p>
<b>7. ÁREA DE ESTOCAGEM/ARMAZENAMENTO</b>
<p>7.1 Mínimo de 5 baias (Vidros, Metais, Plásticos, papéis e eletrônicos) para o armazenamento da triagem mínima. Recomenda-se que o espaço seja dimensionado levantando os seguintes fatores: a composição gravimétrica x quantidade recebida por dia x periodicidade da comercialização x empilhamento dos fardos.</p>
<b>8. ÁREA DE DESTINAÇÃO DOS REJEITOS</b>
<p>8.1 Caçamba de coleta de rejeitos sobre piso de concreto, com sistema de coleta de efluentes e cobertura metálica com calhas para coleta de águas pluviais</p>

## RESULTADOS OBTIDOS: LAYOUT BÁSICO COM BASE NOS PARÂMETROS OBTIDOS

Para o dimensionamento da UTC padrão, determinou-se 3 faixas populacionais, e estimaram-se os balanços de massas através da composição gravimétrica média obtida através do Cimvalpi (2020). Os resultados são apresentados na Tabela 1. Foram propostas 3 capacidades nominais de processamento de acordo com a faixa populacional (Tabela 2).

**Tabela 1 - Dimensionamento da UTC padrão para os municípios integrantes do Cimvalpi.**

Faixa populacional	Geração per capita média (kg/hab.dia)	Geração total (kg/dia)	Produção de recicláveis (kg/dia)	Produção composto (kg/dia)	Rejeitos encaminhados para disposição final (kg/dia)
< 10.000 hab	0,473,	4.728,82	1.385,54	1.001,85	1.116,95
Entre 10.000 hab a 50.000 hab	0,475	14.248,80	4.174,90	3.018,75	3.365,57
> 50.000 hab	0,811	48.659,12	14.257,12	10.308,92	11.493,28

**Tabela 21 - Capacidade nominal das UTCs padrões por porte do município**

Faixa populacional	Porte	Processamento	Quantidade de Municípios Cimvalpi (unid.)
< 10.000 hab	Pequena	5,0 t/dia	23
Entre 10.000 hab a 50.000 hab	Média	15,0 t/dia	12
> 50.000 hab	Grande	50,0 t/dia	6

Seguindo o método de dimensionamento de BRASIL (2010) e Azevedo (2021) para o pátio de compostagem, obteve-se a área necessária para tratamento dos orgânicos para cada porte de UTC, resumidos na Tabela 3. Este método, a partir da definição das dimensões das leiras, estima a área necessária com base no fluxo de recebimento de resíduos orgânicos, área para reviramento e coeficiente de segurança.

**Tabela 3 – Capacidade de processamento por porte da UTC.**

Porte da UTC	Matéria Orgânica Processada (t/dia)	Área total do pátio de compostagem	Composto Gerado (t/mês)*
Pequena 5 t/dia	2,23	1.829,44 m <sup>2</sup>	30,06
Média 15 t/dia	6,71	3.787,55 m <sup>2</sup>	95,34
Grande 50 t/dia	22,91	8.565,01 m <sup>2</sup>	317,79

\*Apesar do composto ser representado em tonelada/mês a cadeia produtiva leva 120 dias. Os valores aqui apresentados são estimados com a UTC em pleno funcionamento.

De posse dos pesos específicos dos materiais, e fluxos de entrada de resíduos nas UTCs, dimensionou-se a área necessária para o depósito. As áreas são apresentadas na Tabela 4.

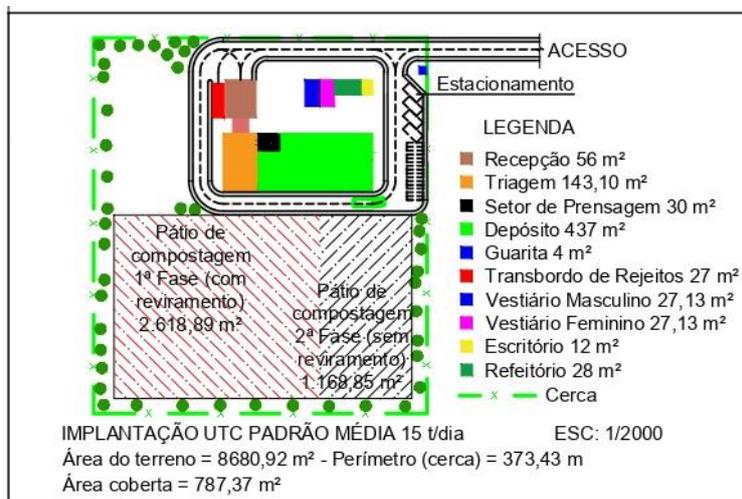
**Tabela 4 - Fluxos de recicláveis, rejeitos e áreas de estocagem.**

Porte da UTC	Recicláveis (t/dia)	Área de Estocagem Calculada	Transbordo de Rejeitos	Período de detenção dos rejeitos
Pequena 5 t/dia	1,39	128,88 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>	Limite máximo de 3 dias
Média 15 t/dia	4,17	368,21 m <sup>2</sup>	27 m <sup>2</sup>	1 a 2 dias
Grande 50 t/dia	14,26	1.227,37 m <sup>2</sup>	54 m <sup>2</sup>	1 dia

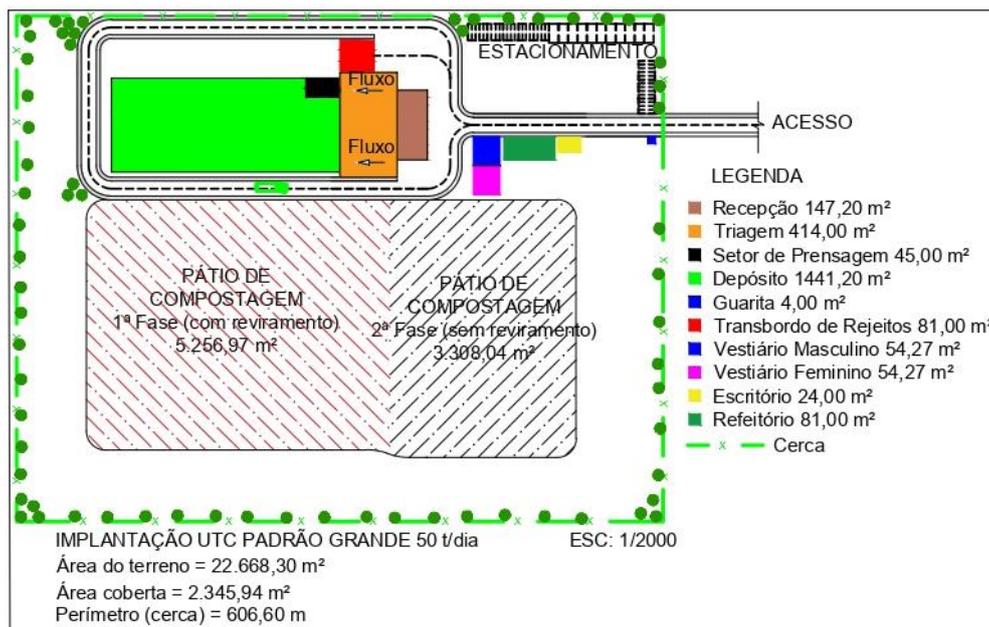
A partir do dimensionamento, elaborou-se *layouts* com as disposições dos módulos das UTC ilustrados nas Figuras 2, 3 e 4, para capacidade de processamento de 5 t/dia, 15 t/dia e 50 t/dia, respectivamente.



**Figura 2 - Layout básico UTC Padrão Pequena (5 t/dia).**



**Figura 3 - Layout básico UTC Padrão Média (15 t/dia).**



**Figura 4 - Layout básico UTC Padrão Grande (50 t/dia).**

## RESULTADOS OBTIDOS: MAPA DE RISCOS PARA LAYOUT BÁSICO

Para conhecimento dos riscos que os operadores das UTCs estão sujeitos, elaborou-se um Mapa de Risco Simplificado para uma UTC padrão (**Quadro 4**).

**Quadro 4 – Mapa Simplificado de Riscos de uma UTC Padrão**

SETOR	NÍVEL	AGENTE	RISCO
INFRAESTRUTURA BÁSICA Escritório Instalações sanitárias	BAIXO BAIXO	ERGONÔMICO BIOLÓGICOS	Postura inadequada; Microrganismos;
ÁREA DE RECEPÇÃO	ELEVADO ELEVADO	ACIDENTE ERGONÔMICO	Cortes e perfurações Esforço físico e postura inadequada;
	MÉDIO MÉDIO	BIOLÓGICO FÍSICO	Microrganismos; Ruído e radiação não ionizante;
	MÉDIO	QUÍMICO	Poeira;
ÁREA DE TRIAGEM	ELEVADO ELEVADO	ACIDENTE ERGONÔMICO	Cortes e perfurações; Postura inadequada, ritmo excessivo e repetitividade;
	MÉDIO MÉDIO	BIOLÓGICO FÍSICO	Microrganismos; Ruído;
	MÉDIO	QUÍMICO	Gases e produtos químicos;
ÁREA DE ENFARDAMENTO	ELEVADO	ACIDENTE	Choque elétrico, esmagamento de membros;
	ELEVADO	ERGONÔMICO	Esforço físico, levantamento de peso;
	ELEVADO BAIXO	FÍSICO BIOLÓGICO	Ruído e vibração; Microrganismos;
PÁTIO DE COMPOSTAGEM	ELEVADO	FÍSICO	Radiação não ionizante e Intempéries;
	ELEVADO	ERGONÔMICO	Postura inadequada e esforço físico;
	MÉDIO MÉDIO	BIOLÓGICO ACIDENTE	Microrganismo; Cortes e perfurações;
ÁREA DE ESTOCAGEM	MÉDIO	QUÍMICO	Gases e poeira;
	ELEVADO	ACIDENTE	Arranjo físico inadequado, probabilidade de incêndio;
	ELEVADO	ERGONÔMICO	Esforço físico, levantamento de peso e transporte de peso;
ÁREA DE DESTINAÇÃO DE REJEITOS	BAIXO BAIXO	BIOLÓGICO FÍSICO	Microrganismo; Ruído;
	MÉDIO MÉDIO	ACIDENTE ERGONÔMICO	Cortes e perfurações; Esforço físico e transporte de peso;
	MÉDIO	BIOLÓGICO FÍSICO QUÍMICO	Microrganismos; Ruído e radiação não ionizante; Gases, produtos químicos e poeira;



## ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Os motivos, em geral, para a desativação das UTCs têm sido atribuídos a inviabilidade técnica, econômica e gerencial. Prado Filho e Sobreira (2007, *apud* SANTOS, 2017a), destacam como as UTCs mineiras eram rudimentares sob o ponto de vista de tecnológico, e Santos (2017a) expõe que os poucos empreendimentos que ainda restaram das décadas anteriores, encontram-se em estado precário por terem sido mal administradas. Cimvalpi (2020), traz em seu diagnóstico que a maioria dos municípios consorciados apresentaram dificuldades logísticas e organizacionais no que tange a gestão e gerenciamento adequado dos RSU.

No Cimvalpi, percebe-se uma composição de mais municípios de pequeno porte (23 municípios inferiores a 10 mil habitantes), nos quais em pelo menos 17 deles podem ser construídas ou reformadas UTCs de pequeno porte e 6 nos municípios de 10mil a 50mil habitantes. Já os municípios com população superior a 50mil habitantes, todos já possuem UTCs ou UT, contudo com capacidade de processamento inferior à totalidade de RSU coletados

Em análise aos dados obtidos, nos municípios integrantes do Cimvalpi, que possuem Unidade de Tratamento, obteve-se que do total coletado, 22,50% são encaminhados para unidades de tratamento (UT ou UTC), que com uma eficiência média de 26,5% de recuperação (Peso de recicláveis/Peso processado), geram 5,96% de recicláveis (relação ao total coletado) e a produção de apenas 0,29% de composto orgânico. Ao considerar os municípios que não possuem unidades de tratamento, o percentual reintegrado diminui consideravelmente.

O percentual de rejeitos estimado nos municípios integrantes do consórcio é de 23,62%. Possibilitando uma grande redução no volume de resíduos dispostos em aterros sanitários, caso o RSU coletado passe por processos de tratamento adequado, especialmente por processos de aproveitamento da matéria orgânica, pois representa 47,08% do total coletado.

## CONCLUSÕES

Nos primeiros anos, logo após a promulgação da PNRS houve uma expressiva evolução na destinação adequada de Resíduos Sólidos, contudo longe de erradicar os lixões, e a destinação inadequada, percebe-se uma estagnação. No cenário mineiro ainda se tem 36% dos municípios dispendo os resíduos de maneira inadequada. E percebe-se também uma involução nos serviços públicos de tratamento de resíduos sólidos, com o encerramento de atividades de diversas UTCs.

As constatações obtidas de diversos autores, de regiões diferentes do país é que os trabalhadores de Unidades de Triagem e Compostagem estão expostos a diversos riscos ocupacionais provenientes da própria natureza da atividade e também decorrentes erros de concepção do *layout*, de deficiências na manutenção de equipamentos, ferramentas e da própria estrutura, com a falta ou uso inadequado dos equipamentos de proteção individual.

Obtiveram-se parâmetros de dimensionamento de UTCs, seguindo critérios para saúde ocupacional, por meio dos quais pode-se dimensionar 3 unidades para diferentes capacidades de processamento, de acordo com as faixas populacionais propostas, e um mapa de risco simplificado.

Sabe-se que diversos são os fatores para os insucessos destas UTCs assim, com a criação de uma literatura de referência espera-se a redução dos fatores negativos de projetos inadequados e operações inadequadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUAD, Gabriela Arja; MARQUES, Rosângela Francisca de Paula Vitor; RITA, Fabricio Santos; ALCANTRA, Eliana; OLIVEIRA, Alisson Souza de; FREITAS, Aurivan Soares de; RODRIGUES, Luciano dos Santos. Reflexões sobre a política nacional de resíduos sólidos e a pandemia do COVID-19: Gerenciamento adequado. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 10, p. 12, 5 ago. 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18653>.
2. AZEVEDO, Mônica de Abreu. Avaliação Do Risco À Saúde Da População Vizinha Às Áreas De Disposição Final De Resíduos Sólidos Urbanos: O Aterro Sanitário Como Cenário De Exposição Ambiental. 2004. Universidade de São Paulo, 2004.
3. AZEVEDO, Mônica de Abreu. **Destinação de Resíduos Sólidos Municipais. Apostila.** Viçosa/MG: Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, 2021.
4. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos. SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE URBANO, p. 75, 2010.
5. CAMPOS, Heliana Kátia Tavares. *Recycling in Brazil: Challenges and prospects. Resources, Conservation and Recycling*, v. 85, p. 130–138, abr. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.017>.
6. CIMVALPI. PLANO INTERMUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO VALE DO PIRANGA - PIGIRS/CIMVALPI - Produto 05 - Relatório Consolidado do Diagnóstico para a gestão intermunicipal consorciada. Ouro Preto/MG: FUNDAÇÃO GORCEIX, 2020.
7. FEAM. Cartilha de Orientações - Operação de Usinas de Triagem e Compostagem, p. 63, 2019a. .
8. FEAM. PANORAMA DA DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS EM 2018. Belo Horizonte, MG, 2019b
9. GOUVEIA, Nelson. Resíduos sólidos urbanos: Impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência e Saude Coletiva*, v. 17, n. 6, p. 1503–1510, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600014>.
10. GUTBERLET, Jutta; BAEDER, Angela; PONTUSCHKA, Nídia; FELIPONE, Sonia; DOS SANTOS, Tereza. *Participatory Research Revealing the Work and Occupational Health Hazards of Cooperative Recyclers in Brazil. International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 10, n. 10, p. 4607–4627, 27 set. 2013. <https://doi.org/10.3390/ijerph10104607>.
11. IBIAPINA, Iveltyma Roosemalen Passos; OLIVEIRA, Talyta Eduardo; LEOCADIO, Áurio Lúcio. AS POLÍTICAS PÚBLICAS E OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA ALEMANHA E NO BRASIL. planejamento e políticas públicas, p. 43–68, 2021. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.38116/ppp60art2>.
12. KAZA, Silpa; YAO, Lisa C.; BHADA-TATA, Perinaz; VAN WOERDEN, Frank. *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: Washington, DC: World Bank*, 2018. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>.
13. LIMA JUNIOR, Roberto Guião de Souza; MAHLER, Claudio Fernando; DIAS, Albiane Carvalho; LUZ JUNIOR, Willker Figueirêdo da. Avaliação de novas práticas de compostagem em pequena escala com aproveitamento energético. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n. 2, p. 361–370, 19 jan. 2017. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016159687>.
14. MOREIRA, Ana Maria Maniero; GÜNTHER, Wanda Maria Risso; SIQUEIRA, Carlos Eduardo Gomes. *Workers' perception of hazards on recycling sorting facilities in São Paulo, Brazil. Ciência & Saúde Coletiva*, v. 24, n. 3, p. 771–780, mar. 2019. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018243.01852017>.
15. SANTOS, Jessyca Ingles Nepomuceno dos. Avaliação da operação das unidades de triagem e compostagem instaladas no Estado de Minas Gerais. 2017. 71 f. UFMG, 2017a.
16. SANTOS, Vânia Liliane Oliveira Fernandes dos. EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A AGENTES BIOLÓGICOS EM CENTROS DE TRIAGEM DE RESÍDUOS. 2017. Instituto Politécnico de Coimbra, 2017b.