

III-606 - ANÁLISE DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM COMO ALTERNATIVA DE DESTINAÇÃO FINAL ADEQUADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA MUNICÍPIOS DE MÉDIO PORTE: ESTUDO DE CASO EM UM MUNICÍPIO DE MINAS GERAIS

Gabriela de Moraes Côrtes⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, Belo Horizonte, Brasil.

Gisele Vidal Vimieiro⁽²⁾

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia da UFMG, Especialista em Educação Ambiental pela Faculdade SENAC Minas, Mestre e Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da UFMG, Professora do Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG, Belo Horizonte, Brasil.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Amazonas, 5253 – Nova Suíça - Belo Horizonte - MG - CEP: 30421-169 - Brasil - Tel: (31) 3319-7109 - e-mail: giselevv@cefetmg.br

RESUMO

No Brasil, de acordo com ABRELPE (2021), em 2020, apenas 60,2% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados tiveram uma destinação final adequada. Os outros 39,8% representam, aproximadamente, 30 milhões de toneladas de RSU que foram levados para lixões ou aterros controlados, os quais não possuem sistemas para evitar a contaminação do meio ambiente. Nesse contexto, os municípios têm buscado alternativas adequadas para o tratamento e disposição final dos RSU gerados, dentre as quais podem ser citadas as Usinas de Triagem e Compostagem (UTC) que vêm sendo utilizadas principalmente por municípios de pequeno porte. Assim, esta pesquisa teve como objeto de estudo a UTC de um município de Minas Gerais, objetivando-se avaliar sua eficiência como uma alternativa adequada de destinação final dos RSU, especialmente pela sua peculiaridade de atender a um município de médio porte, desde a sua implantação. Os primeiros passos do estudo da UTC foram avaliar a quantidade e qualidade de materiais recicláveis e de composto orgânico, aplicar o Índice de Qualidade da Unidade de Compostagem (IQC) e o Indicador de Desempenho Operacional de UTC (IDUTC). Em seguida, foram propostas melhorias para a UTC estudada e, por fim, analisada a viabilidade da instalação de usina em municípios de médio porte, a partir do presente estudo de caso. Verificou-se que, apesar de todas as adversidades encontradas na UTC estudada, principalmente pela ausência de coleta seletiva no município, ela pode ser considerada viável pelos benefícios ambientais e sociais gerados, como a diminuição dos rejeitos levados ao Aterro Sanitário e a geração de trabalhos diretos e indiretos na região.

PALAVRAS-CHAVE: Unidade de Triagem e Compostagem, Resíduos Sólidos Urbanos, Reciclagem, Compostagem.

INTRODUÇÃO

A grande concentração da população em espaços urbanos, aliado ao desenvolvimento de novos hábitos, à melhoria do nível socioeconômico da população e à estimulação do consumo acarretam uma maior produção de resíduos (PRADO FILHO; SOBREIRA, 2007). Se esses resíduos não receberem uma destinação final adequada, podem provocar diversos impactos negativos no âmbito ambiental, social, econômico e danos à saúde pública, pela geração e proliferação de vetores que transmitem doenças.

De acordo com ABRELPE (2021), em 2020, apenas 60,2% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados tiveram uma destinação final adequada. Os outros 39,8% representam, aproximadamente, 30 milhões de toneladas de RSU que foram levados para lixões ou aterros controlados, os quais não possuem sistemas para evitar a contaminação do meio ambiente.

Nesse contexto, os municípios têm buscado alternativas adequadas para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados, dentre as quais podem ser citadas as Usinas de Triagem e Compostagem (UTC) que vêm sendo utilizada como uma alternativa para atender tal requisito, principalmente por municípios de pequeno porte (VIMIEIRO, 2009).

As UTC têm como objetivo principal a separação dos resíduos sólidos urbanos em materiais possivelmente recicláveis, matéria orgânica e rejeitos, sendo esperado que apenas os rejeitos sejam destinados para os aterros sanitários. Portanto, a instalação das usinas é interessante, uma vez que diminui o volume de resíduos aterrados, aumentando a vida útil dos locais de disposição final e diminuindo custos de serviços e de operação, trazendo benefícios em longo prazo (D'ALMEIDA E VILHENA, 2000 apud PRADO FILHO; SOBREIRA, 2007).

Como as UTC são utilizadas principalmente por localidades com até cerca de 10 mil habitantes, a usina estudada é uma exceção, uma vez que foi instalada para atender a uma população em torno de 18 mil habitantes, na época (IBGE, 2000). Além disso, a UTC continua a atender o município, que já é considerado de médio porte, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com uma estimativa de aproximadamente 33 mil habitantes no ano de 2021 (IBGE, 2022).

Diante disto, entende-se a necessidade de se avaliar a efetividade de uma UTC que opera em um município com população acima de 10 mil habitantes, na expectativa de que tal estudo possa subsidiar outros municípios de médio porte interessados em instalar uma dessas usinas para a destinação final adequada de seus resíduos sólidos.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar a análise da Usina de Triagem e Compostagem como uma alternativa para destinação final adequada dos resíduos sólidos urbanos de municípios de médio porte a partir do estudo de caso da UTC de um município de Minas Gerais.

METODOLOGIA UTILIZADA

Caracterização da UTC estudada

De acordo com o seu Plano de Controle Ambiental da UTC estudada (Prefeitura do município estudado, 2009), a unidade foi inaugurada em 2001, para atender a uma população de cerca de 18 mil habitantes, na época (IBGE, 2000), e era composta pela seguinte infraestrutura:

- Portaria com controle de fluxos de entrada;
- Muro nas fronteiras de empreendimento com as vias públicas;
- Sede administrativa com cozinha e sanitários;
- Pátio de descarga coberto;
- Sistema de tratamento de efluentes sanitários;
- Esteira de seleção e triagem com área de acondicionamento coberta;
- Galpão de recicláveis com vestiários;
- Pátio de compostagem impermeabilizado;
- Valas de aterramento de rejeitos.

Ainda de acordo com o mesmo documento, foram implantados outros equipamentos e feitas melhorias, ao longo da operação da usina, com o objetivo de aumentar os ganhos ambientais na usina, tais como:

- Implantação de viveiros de mudas;
- Implantação do sistema de drenagem pluvial;
- Expansão do sistema de drenagem do percolado;

- Implantação da cerva verde ao longo das fronteiras não habitadas.

Após o esgotamento das valas de aterramento, no final do primeiro semestre de 2009, a Prefeitura Municipal firmou um convênio com a empresa proprietária de um Aterro Sanitário privado, para disposição final dos rejeitos oriundos da usina que permanece em vigor.

O fluxograma de funcionamento da unidade pode ser visto na Figura 1, apresentada no Relatório de Caracterização da usina (Prefeitura do município estudado, 2015).

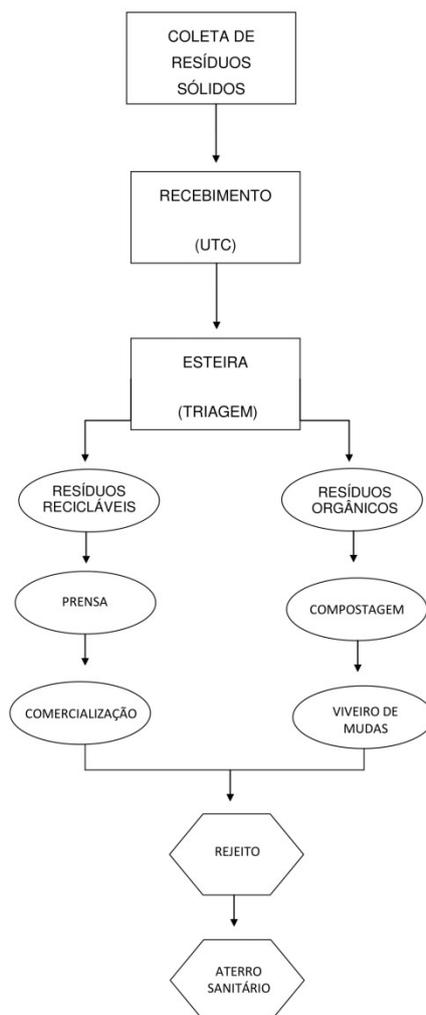


Figura 1: Fluxograma de funcionamento da UTC estudada.
Fonte: Prefeitura do município estudado (2015).

Avaliação da quantidade e qualidade dos materiais recicláveis

Nesta etapa, foi avaliada, por meio de verificação de relatórios técnicos de monitoramento enviados ao órgão ambiental, a eficiência da usina em relação à quantidade de material reciclável segregado. Para tal, foram obtidas e analisadas as quantidades trimestrais de resíduos que foram levados para a usina e as quantidades de materiais recicláveis que foram reaproveitadas durante sua operação, dados esses fornecidos pela Prefeitura do município.

Já para avaliar a qualidade dos materiais recicláveis segregados, foi necessário realizar visitas técnicas à UTC estudada para verificação *in loco* e inspeção visual da condição dos materiais recicláveis, realizando-se o registro fotográfico desses. Foram levantados, ainda, os principais fatores que influenciam na qualidade constatada dos materiais.

Avaliação da quantidade e da qualidade do composto orgânico

Para a avaliação da quantidade do composto orgânico gerado, nesta etapa também foram utilizados os relatórios técnicos de monitoramento enviados ao órgão ambiental, fornecidos pela Prefeitura do município, para analisar as quantidades trimestrais de matéria orgânica que chegaram à usina e as quantidades de composto orgânico gerado a partir dela.

Já a qualidade do composto orgânico que é gerado na UTC foi avaliada a partir dos parâmetros de qualidade físico-químicos e biológicos que devem ser levantados no monitoramento da usina, tais como: densidade, pH, sólidos voláteis, N, P, K, C, análises bacteriológicas e de metais pesados. Buscou-se comparar os valores desses parâmetros com os limites estipulados em legislação para verificação da conformidade.

Avaliação da UTC a partir de índices/ indicadores

Esta etapa consistiu na avaliação das condições operacionais e de infraestrutura da usina através do Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem - IQC (CETESB, 2014), que enquadra as UTC como em condições adequadas ou inadequadas, e do Indicador de Desempenho Operacional de UTC - IDUTC (VIMIEIRO, 2012), que classifica as unidades como estando em condições adequadas, regulares ou inadequadas. Fragmentos ilustrativos do IQC e do IDUTC podem ser vistos nas Figuras 2 e 3.

ÍTEM	SUB-ÍTEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS
C A R A C T E R Í S T I C A S D O L O C A L	PROXIMIDADE DE NÚCLEOS HABITACIONAIS	LONGE > 500m	4	
		PRÓXIMO	0	
	PROXIMIDADE DE CORPOS DE ÁGUA	LONGE > 200m	4	
		PRÓXIMO	0	
	PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO	MAIOR DE 3m	2	
		DE 1 A 3 m	1	
		DE 0 A 1m	0	
	PERMEABILIDADE DO SOLO	BAIXA	2	
		MÉDIA	1	
		ALTA	0	
	CONDIÇÕES DE SISTEMA VIÁRIO, TRÂNSITO E ACESSO	BOAS	2	
		REGULARES	1	
		MÁS	0	
	ISOLAMENTO VISUAL DA VIZINHANÇA	BOM	2	
		MAU	0	
LEGALIDADE DE LOCAL E AÇÃO	PERMITIDO	4		
	PROIBIDO	0		
SUB TOTAL MÁXIMO			20	

**Figura 2: Sub-ítem do questionário padrão - Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem (IQC).
Fonte: CETESB (2014).**

INDICADOR DE DESEMPENHO OPERACIONAL DE UTC - IDUTC						
Município:						
Data:						
Item	Parâmetro	Avaliação			Peso relativo (Pr)	Total
1	Legalidade de localização	Sim	1x Pr		0,487	0,000
		Não	0x Pr			
2	Mesa ou esteira de triagem	Sim	1x Pr		0,538	0,000
		Não	0x Pr			
3	Balança funcional	Sim	1x Pr		0,465	0,000
		Não	0x Pr			
4	Baías ou galpão para material triado	Sim	1x Pr		0,499	0,000
		Não	0x Pr			

Figura 3: Sub-ítem do questionário padrão - Indicador de Desempenho Operacional de UTC (IDUTC).
 Fonte: Vimieiro (2012).

Análise da viabilidade da instalação de UTC em municípios de médio porte

Após a análise das visitas técnicas, da avaliação dos materiais recicláveis e do composto gerado, da aplicação do índice/indicador e de todo estudo realizado durante o trabalho, foi possível inferir sobre a viabilidade da instalação de uma UTC em municípios de médio porte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação da quantidade e qualidade dos materiais recicláveis

A partir dos relatórios de monitoramento enviados ao órgão ambiental, fornecidos pela Prefeitura do município, obteve-se as quantidades de materiais recicláveis e rejeitos da UTC (Figuras 4 e 5). Destaca-se que muitos relatórios não foram completamente preenchidos.

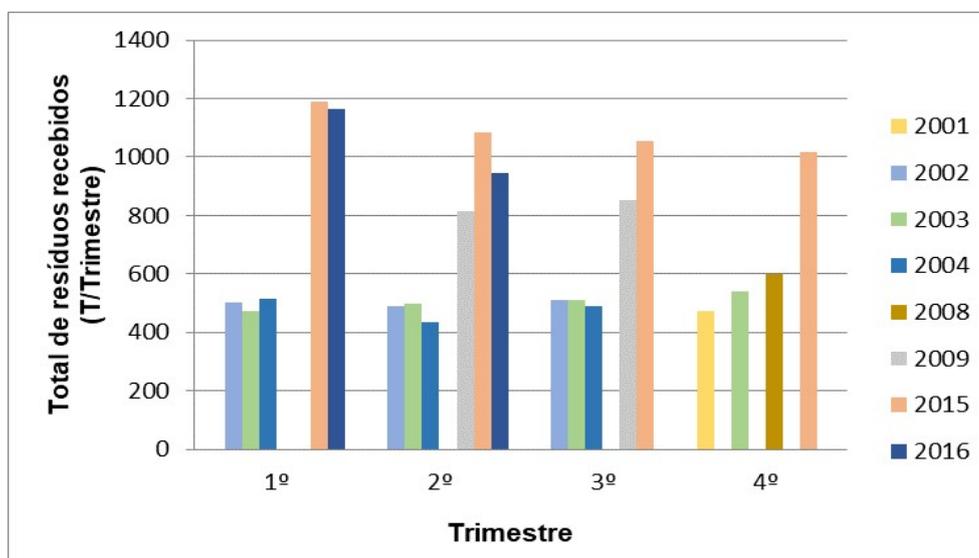
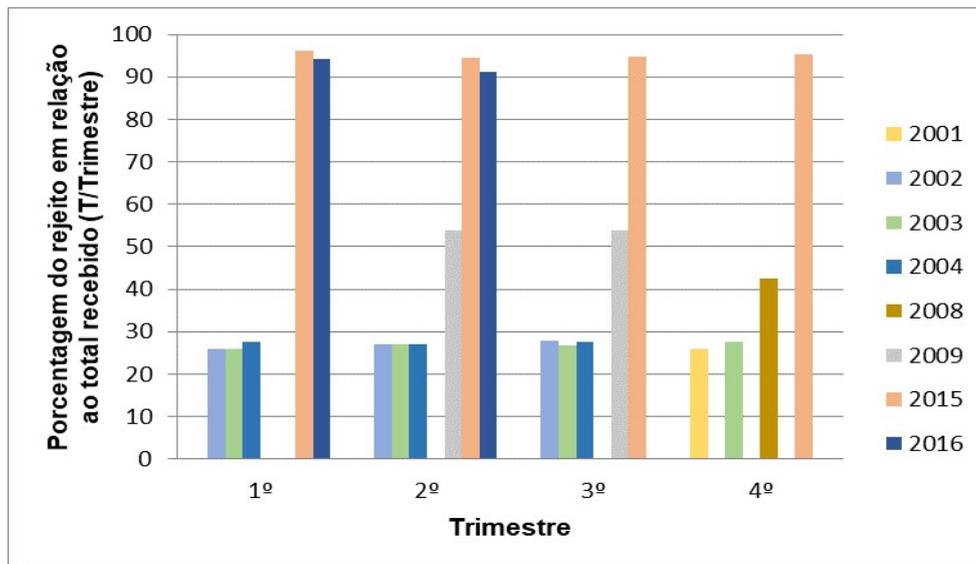


Figura 4: Quantidade de resíduos que chega à UTC estudada (t/trimestre)
 Fonte: Autor



**Figura 5: Porcentagem de rejeito em relação ao total de resíduos recebidos na UTC estudada (t/trimestre).
 Fonte: Autor**

Os materiais recicláveis, após serem triados e prensados, são armazenados para posterior comercialização, que era realizada através de um leilão promovido pela Prefeitura do município da UTC estudada.

A partir das visitas realizadas à UTC, avaliou-se a qualidade dos materiais recicláveis segregados, realizando-se o registro fotográfico e levantando-se fatores que influenciam nas características de qualidade constatadas no local.

Foi possível observar que os fardos dos materiais recicláveis separados possuem boa qualidade, uma vez que não foram identificados outros materiais misturados (Figura 6). Verificou-se ainda o crescimento da quantidade de resíduos que chegaram à UTC estudada nos últimos anos, devido ao aumento da população local com a inauguração de presídio no município e ao aumento da população carcerária das unidades já presentes.

Destaca-se a expansão dos rejeitos gerados na UTC e a redução dos recicláveis, inferindo-se que estas variações se devem principalmente à ausência da coleta seletiva no município, prejudicando diretamente a eficiência da usina.

Comparando-se aos estudos de Barbosa (2004), Savi e Leal (2004) e Vimieiro (2012), considera-se baixa a eficiência da UTC estudada com relação ao percentual de recicláveis separados, que correspondia a 5,5%, conforme relatórios de monitoramento consultados. Este fato possivelmente pode ser explicado pela carência de coleta seletiva, prejudicando a separação dos materiais recicláveis na esteira de triagem.

Já a boa qualidade dos recicláveis separados deve-se à realização de uma segunda etapa de separação, mais seletiva, sendo assim prensados apenas materiais com características comuns. Apesar dos resíduos chegarem misturados à usina, devido à ausência de coleta seletiva pelo município, estes não apresentavam aspecto “sujo”, proveniente do possível contato com a matéria orgânica, indicando a boa qualidade do material a ser vendido



Figura 6: Fardos de papelão, latinhas de alumínio, embalagens de detergente e embalagens longa vida separados na UTC.

Fonte: Autor

Avaliação da quantidade e da qualidade do composto orgânico

Nesta etapa, utilizou-se também os relatórios de monitoramento enviados ao órgão ambiental para analisar as quantidades de matéria orgânica que chegaram à UTC e de composto orgânico gerado a partir dela, sendo observado que muitos relatórios não foram devidamente preenchidos.

Observou-se uma oscilação na quantidade de matéria orgânica triada na UTC com o passar dos anos (Tabela 1), que podem ser explicadas pelo aumento populacional e pela ausência de coleta seletiva, mencionados anteriormente.

Para a avaliação da qualidade do composto orgânico, é necessário que se analise os parâmetros de qualidade físicos, físico-químicos e biológicos que deveriam ser levantados no monitoramento da usina e encaminhados para o órgão ambiental responsável, tais como: densidade, pH, sólidos voláteis, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) carbono total (C), análises bacteriológicas e de metais pesados.

Uma vez que na UTC estudada não vinha ocorrendo o monitoramento de parâmetros de qualidade físicos, físico-químicos e biológicos, somente foi possível avaliar o composto com relação ao seu aspecto físico.

A compostagem era realizada com o material orgânico separado na esteira de triagem (Figura 7) e, como não há coleta seletiva no município, chegam misturados rejeitos inertes e não inertes, prejudicando o processo de compostagem e a qualidade do composto.

Tabela 1: Porcentagem de matéria orgânica, composto maturado e rejeito orgânico em relação ao total de resíduos recebido na UTC estudada (t/trimestre).

1º TRIMESTRE								
	2001	2002	2003	2004	2008	2009	2015	2016
MATÉRIA ORGÂNICA	–	33,2	32,6	33,0	–	–	–	2,1
COMPOSTO MATURADO	–	33,2	31,4	31,5	–	–	–	1,0
REJEITO ORGÂNICO	–	0,0	1,2	1,5	–	–	–	1,0
2º TRIMESTRE								
	2001	2002	2003	2004	2008	2009	2015	2016
MATÉRIA ORGÂNICA	–	33,0	33,0	32,9	–	45,0	–	6,8
COMPOSTO MATURADO	–	31,8	32,0	31,7	–	29,2	–	3,4
REJEITO ORGÂNICO	–	1,1	1,0	1,2	–	15,8	–	3,4
3º TRIMESTRE								
	2001	2002	2003	2004	2008	2009	2015	2016
MATÉRIA ORGÂNICA	–	33,1	33,0	33,0	–	45,0	–	–
COMPOSTO MATURADO	–	31,2	32,3	31,3	–	29,3	–	–
REJEITO ORGÂNICO	–	1,9	0,7	1,7	–	15,7	–	–
4º TRIMESTRE								
	2001	2002	2003	2004	2008	2009	2015	2016
MATÉRIA ORGÂNICA	33,0	–	33,0	–	33,0	–	–	–
COMPOSTO MATURADO	33,0	–	31,4	–	16,5	–	–	–
REJEITO ORGÂNICO	0	–	1,5	–	16,5	–	–	–

Fonte: Autor

Figura 7: Material orgânico separado para compostagem na UTC estudada.



Fonte: Autor

Com relação à qualidade do composto, mesmo após peneirado, esse apresenta muitos materiais inertes (Figura 8), como pedaços de plásticos, cotonetes, tampinhas de garrafas, o que poderia ser evitado se houvesse controle operacional de todo o processo, conforme Lelis e Pereira Neto (2001). O composto gerado não possui odor, porém não apresenta uma coloração preta intensa e suas partículas não são finas, sendo que, de acordo com Barreira (2005), esses itens caracterizam uma pior qualidade.

Figura 8: Composto orgânico final da UTC estudada.



Fonte: Autora.

Avaliação da UTC a partir de índices/ indicadores de desempenho

A UTC estudada foi visitada para a avaliação das condições operacionais e de infraestrutura, por meio do IQC e do IDUTC. O resultado do IQC foi de 7,0 pontos, sendo atribuída a classificação de “condições inadequadas” para a UTC estudada. Porém, deve-se ressaltar que esse valor corresponde ao limite entre as duas condições definidas (adequadas e inadequadas) e por mais que este índice seja objetivo, o valor encontrado sempre conterá um pequeno grau de subjetividade.

Já o IDUTC obteve 7,2 de pontuação, classificando a UTC na faixa de “condições regulares”, classificação intermediária entre as três condições estabelecidas (adequadas, regulares e inadequadas).

Os itens avaliados pelo IQC são divididos em características do local, infraestrutura implantada e condições operacionais. No primeiro sub-grupo, a UTC obteve 75,0% dos pontos; no segundo, 81,5% e no terceiro, 54,5% dos pontos respectivamente. Assim, pode-se inferir que as características do local de implantação da usina são satisfatórias, que a usina possui uma boa infraestrutura, porém seu ponto fraco consiste nas condições de operações que não atendem boa parte dos requisitos, possivelmente pela falta de coleta seletiva no município e de investimento no controle das atividades realizadas na usina.

Vale ressaltar que o IQC foi proposto para a avaliação de usinas do estado de São Paulo, que apresentam realidades diferentes das UTC mineiras, o que justifica a utilização do IDUTC, o qual foi adaptado para a realidade de Minas Gerais com objetivo de se aproximar da prática realizada no estado e simplificar os parâmetros de avaliação, em relação ao IQC.

Análise da viabilidade da instalação de UTC em municípios de médio porte

A partir de todo trabalho realizado na usina estudada, foi possível inferir sobre a viabilidade da instalação de uma UTC em municípios de médio porte, que será discutida a seguir.

A usina estudada enfrenta diversos obstáculos para realizar suas atividades como, em primeiro lugar, a falta de coleta seletiva no município. Essa ausência afeta negativamente todo o processo realizado na UTC, pois propicia piores condições de trabalho, pior qualidade e menor quantidade dos materiais recicláveis segregados, além de aumentar a porcentagem de rejeitos. De acordo com relatos feitos ao longo das visitas realizadas na UTC, a mesma também não possui muito suporte financeiro, o que afeta, principalmente, as suas condições de operação por falta de materiais, como avaliado no IQC, onde este sub-grupo de parâmetros obteve a menor nota em relação aos demais. Além disso, ao longo do tempo, foram realizadas apenas pequenas alterações no projeto inicial da usina e, mesmo assim, a unidade recebe todo o resíduo coletado no município, apesar do crescimento populacional.

Apesar disso, a UTC possui vários pontos positivos que justifiquem a continuidade da sua operação. Primeiramente, contribui com a reintrodução dos materiais recicláveis no processo produtivo, gerando benefícios para a economia da região com a venda destes materiais e com a diminuição de rejeitos levados para o Aterro Sanitário. Proporciona condições mais higiênicas e seguras no manuseio dos resíduos para os funcionários com o uso de EPI, se comparada à realidade dos catadores de materiais recicláveis nos lixões a céu aberto. Além disso, também proporciona empregos diretos e indiretos na sua atividade, estimulando o crescimento socioeconômico da região.

Sabendo que dificuldades operacionais e gerenciais são comuns em usinas de Minas Gerais, como confirmado nos trabalhos de Prado Filho e Sobreira (2007) e Vimieiro (2012), observam-se pontos positivos mais relevantes que os negativos na UTC estudada, considerando assim, a viabilidade de usinas em municípios de médio porte.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As considerações finais desta pesquisa foram fundamentadas nas informações apresentadas ao longo do trabalho, especialmente relativas aos resultados obtidos.

Os materiais recicláveis da usina a serem vendidos se mostraram de boa qualidade, apesar da quantidade triada ser pequena, principalmente se comparada com os primeiros anos de atividade da UTC. O composto orgânico gerado na UTC não pode ter sua qualidade acreditada, uma vez que o seu monitoramento não é realizado, logo não pode ser vendido, além de apresentar uma queda de quase dez vezes da sua produção ao longo dos anos. Diante desses fatos, nota-se a importância de reintroduzir a coleta seletiva no município.

O IDUTC enquadrou a usina como em “condições regulares”. Já o valor do IQC revelou que a usina está operando em “condições inadequadas” apesar de o valor obtido estar no limite das duas condições

estabelecidas (inadequadas e adequadas), contendo uma margem de subjetividade e mostrando que o subgrupo de parâmetros de “condições de operações” se revelou com maiores dificuldade.

Apesar de todos os impasses que a usina enfrenta atualmente, foi observado que seus pontos positivos se sobrepõem aos demais obstáculos e assim, após a análise do presente estudo, pode-se dizer que a UTC é viável para municípios de médio porte.

Para se obter um resultado com mais informações, mas que, por falta de tempo e recurso não foi viabilizado, propõe-se realizar as análises dos parâmetros físicos, físico-químicas, químicos e bacteriológicos do composto orgânico gerado na usina, realizar medições das quantidades de materiais recicláveis segregados, do composto orgânico produzido e dos rejeitos gerados na usina ao longo de um período considerável para melhor confiabilidade dos dados. Também se considera importante, para melhorar a análise, que sejam realizados estudos relativos à viabilidade econômica, fator essencial para permanência da instalação de usinas.

Assim, recomenda-se também que mais estudos similares sejam desenvolvidos em outras usinas em mesma situação da estudada neste trabalho, a fim de destacar a importância da adoção da UTC em municípios de médio porte, com a geração de benefícios ambientais e sociais, e possibilitando, assim, que mais prefeituras tenham interesse nessas unidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos resíduos Sólidos no Brasil 2020. 2021.
2. BARBOSA, Leila Tolentino. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Porte de Minas Gerais: estudo relativo a unidades de reciclagem e compostagem a partir de 1997. 2004. 97p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
3. BARREIRA, Luciana Pranzetti. Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processo de produção. 2005. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Saúde Pública, Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2005.
4. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos. São Paulo, 2014.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg>>. Acesso em: 19 dez. 2022.
6. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Cidades e Estados. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg>>. Acesso em: 20 dez. 2022.
7. LELIS, Marcelo de Paula Neves; PEREIRA NETO, João Tinôco. “Usinas de Reciclagem de Lixo”: porque não funcionam? In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.
8. PRADO FILHO, José Francisco do; SOBREIRA, Frederico Garcia. Desempenho Operacional e Ambiental de Unidades de Reciclagem e Disposição Final de Resíduos Sólidos Domésticos financiadas pelo ICMS Ecológico de Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 1, p.52-61, mar. 2007.
9. PREFEITURA DO MUNICÍPIO ESTUDADO. PCA – Plano de Controle Ambiental. 2009
10. PREFEITURA DO MUNICÍPIO ESTUDADO. Relatório de Caracterização – Usina de Triagem e Compostagem de Lixo do município estudado. 2015.
11. SAVI, Jurandir; LEAL, Antônio Cezar. Resíduos Sólidos em Adamantina - SP: Análise da Usina de Triagem e Compostagem. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis: Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, 2004.
12. VIMIEIRO, Gisele Vidal. Usinas de Triagem e Compostagem: Valoração de Resíduos e de Pessoas - Um Estudo sobre a Operação e os Funcionários de Unidades de Minas Gerais. 2012. 464 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.