



AVALIAÇÃO DAS UNIDADES DE COMPOSTAGEM DAS CMRs – COMARES CARIRI



Fortaleza-CE

Janeiro/2022

EQUIPE TÉCNICA

Alceu de Castro Galvão Júnior – Analista de Regulação

Roani Simões Veras – Apoio Técnico

RESPONSÁVEL PELA EQUIPE TÉCNICA

Marcelo Silva de Almeida

Coordenador do Setor de Saneamento da ARCE.

AGRADECIMENTOS

À Vanessa Luana Oliveira Lima, Francisco de Brito Lima Junior e Carlos Vangerre de Almeida Maia pelas contribuições ao aperfeiçoamento do trabalho.

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ARCE	Agência Reguladora do Estado do Ceará
CMR	Central Municipal de Resíduos
CTR	Central de Tratamento de Resíduos
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETR	Estações de Transferência de Resíduo
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RMS	Região Metropolitana de Sobral
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	05
2. CONCEPÇÃO DAS UNIDADES DE COMPOSTAGEM - CMRs.....	08
3. ANÁLISE DO SERVIÇO DE COMPOSTAGEM.....	13
3.1. Produção do Composto Orgânico.....	14
3.2. Demanda do Composto Orgânico.....	18
3.3. Despesas e Receitas Estimadas.....	22
4. CONCLUSÕES.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

I – INTRODUÇÃO

Conforme a Lei nº 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), há uma ordem de prioridade quanto a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos, expressa no art. 9º, indo da não geração à disposição ambientalmente adequada dos rejeitos, passando pela reciclagem e tratamento dos resíduos, sejam eles secos ou orgânicos.

Os resíduos orgânicos representam a maior parcela da geração dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no país. Segundo dados do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020), a fração orgânica correspondeu a 45,3% do total gerado e, os recicláveis secos, 35%.

Em 2016, a Política Estadual de Resíduos Sólidos foi atualizada no Estado do Ceará, por meio da Lei nº 16.032, dispondo sobre a gestão integrada dos resíduos sólidos. Neste mesmo ano, foi publicado o Plano Estadual de Resíduos Sólidos pela Sema (Ceará, 2016), que apresentou como meta, dentre outras, que 15% dos municípios estariam realizando o tratamento da fração orgânica dos RSU em até 4 anos, 40% dos municípios no prazo de 5 a 10 anos, e 100%, de 13 a 20 anos. A meta de curto prazo (4 anos) não foi alcançada.

Nesse contexto, a compostagem se apresenta como um processo de tratamento dos resíduos orgânicos bastante difundido, adequando-se a PNRS, devido a sua maior simplicidade operacional e menores investimentos requeridos, quando comparada à digestão anaeróbia, por exemplo. Com esse método, estes resíduos, que acarretam diversos impactos ambientais, são transformados em composto orgânico, o qual pode ser utilizado na agricultura, reflorestamento, paisagismo urbano, dentre outras possibilidades.

Em 2019, foram geradas 3.534.660 toneladas de RSU no estado cearense, que apresenta cobertura de coleta de 80,1% (ABRELPE, 2020). Conforme o documento Cenário Atual do Saneamento Básico no Ceará (2021), existem mais de 300 lixões e apenas 6 aterros sanitários em operação no Ceará. O Plano Estadual apresenta a meta de encerramento dos lixões a partir de sua publicação: de 20% no curto prazo (até 4 anos), 40% no médio prazo (5 a 12 anos) e 100% no longo prazo (13 a 20 anos). Apesar dos esforços do Estado e dos Municípios, apenas os lixões localizados na Região

Metropolitana de Sobral (RMS), objeto de atuação do Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da RMS, foram fechados, porém não devidamente encerrados.

Diante do desafio exposto e da inviabilidade dos municípios atuarem de forma independente a respeito da gestão dos resíduos, o estado adotou o consorciamento, um dos princípios da política estadual, incentivando a criação de 21 consórcios públicos, disciplinados pela Lei nº 11.107/2005. Atualmente, 169 dos 184 municípios cearenses fazem parte de 21 Consórcios Públicos de Manejos de Resíduos Sólidos (AUGUSTO, 2021).

Ademais, as áreas de atuação dos consórcios foram objeto de elaboração dos planos regionais e de coletas seletivas múltiplas, apoiados pela Sema. No tocante aos Planos de Coletas Seletivas Múltiplas, importante mencionar que estes instrumentos contemplaram em sua concepção, a criação das Centrais Municipais de Resíduos (CMRs), intitulada de política pré-aterro, com reaproveitamento de parte dos resíduos que seriam encaminhados a aterros sanitários ou lixões (MOTA, 2021).

A CMR é uma unidade que faz o gerenciamento integrado dos resíduos orgânicos, recicláveis e da construção civil, de forma que o uso integrado de equipamentos e instalações, possibilita menores necessidades de investimentos para o tratamento adequado dos resíduos (CEARÁ, 2019).

Para a implantação das CMRs, o estado vinculou recursos do ICMS Ecológico, de até 2% da arrecadação do ICMS, por meio do cálculo do Índice Municipal de Qualidade do Meio Ambiente (IQM), instituído pelo Decreto nº 29.306/2008 e alterado pelos Decretos nº 32.483/2017 e nº 32.926/2018, para o cumprimento das metas do Plano de Coletas Seletivas Múltiplas, que contempla a construção desses equipamentos, pelos Consórcios, através do repasse integral do retromencionado recurso por parte de seus entes.

Dentre os Consórcios atuantes no Ceará, encontra-se o Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Cariri (Comares-Cariri), formado por 10 Municípios (Altaneira, Barbalha, Caririaçu, Crato, Farias Brito, Jardim, Juazeiro do Norte, Missão Velha e Nova Olinda), e cuja gestão integrada dos resíduos sólidos foi concebida e estruturada com o apoio Fundo de Apoio à Estruturação de Projetos de Concessão e PPP (FEP CAIXA) e da Secretaria das Cidades do Estado do

Ceará. O modelo escolhido será licitado e, no presente momento, se encontra para consulta pública¹.

Para a gestão integrada do Comares-Cariri, foram concebidas 11 unidades de compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos, por meio de duas soluções tecnológicas:

- Central Municipal de Resíduos (CMR): composta, entre outras, por uma unidade de compostagem para cada município, com operação prevista a partir do 5º ano de concessão, que realizará o tratamento dos resíduos previamente segregados, provenientes de restos de alimentos de feiras livres e podas urbanas, totalizando 10 unidades. A execução da CMR ficará a cargo da Concessionária, porém, no tocante a operação, a empresa licitada estará responsável somente pelo processo de compostagem;
- Central de Tratamento de Resíduos (CTR): composta, entre outras, por uma unidade de compostagem, com início de funcionamento previsto para o 15º ano de concessão, a qual receberá os resíduos orgânicos oriundos da coleta de resíduos sólidos urbanos, após separação na Unidade de Triagem Automatizada na própria central.

Considerando a importância das unidades de compostagem no desenho da gestão integrada de resíduos sólidos da área de abrangência do Comares-Cariri, o presente estudo objetiva avaliar a concepção das unidades de compostagem municipais nas CMRs, com vistas a propor reflexões e contribuições para aperfeiçoamento do modelo. Ademais, na qualidade de futura reguladora da concessão, objetiva a Arce com o presente estudo, contribuir para o aperfeiçoamento das políticas públicas de gestão de resíduos sólidos, com foco na fase de compostagem da rota tecnológica do Consórcio Comares-Cariri. Importante ainda ressaltar que, se trata de uma contribuição técnica, e que cabe exclusivamente ao Consórcio e a Concessionária, definirem as tecnologias e modelos para a gestão do setor, dividindo os riscos do negócio de forma pactuada, ficando o regulador isento de tal decisão, no sentido de preservar sua independência técnica.

¹ Aviso de abertura de consulta pública nº 01/2021 -
<https://www.comarescariri.ce.gov.br/informa/7/aviso-de-abertura-de-consulta-p-blica-n-01-2021>

II – CONCEPÇÃO DOS PÁTIOS DE COMPOSTAGEM – CMRs

O Plano de Coletas Seletivas Múltiplas (2019) possui como premissa, o aproveitamento dos resíduos gerados a partir de uma coleta diferenciada dos RSU, dentro do contexto da gestão integrada com a formação de consórcios intermunicipais. A utilização o termo “múltiplas” busca modificar o entendimento de que coleta seletiva se limita aos resíduos secos recicláveis, e que, portanto, os resíduos orgânicos e resíduos da construção civil devem ser separados dos demais na fonte geradora (CEARÁ, 2019)². De acordo com o Plano, cada região deve ser capaz de realizar o manejo dos resíduos ali gerados, de acordo com o conceito de economia circular.

Segundo Anexo II - Caderno de Encargos, elaborado pelo Comares-Cariri (2021), disponível no Aviso de Abertura de Consulta Pública nº 01/2021, a CMR será composta de galpão de triagem manual dos materiais recicláveis, estrutura coberta para compostagem, área de manejo dos resíduos da construção e civil e outros, além das instalações acessórias aos serviços. A **Figura 1**, disponível no Plano de Coletas Seletivas Múltiplas - Sema (2019), apresenta o *layout* esquemático da CMR.

² O conceito de múltiplas está em sintonia com o recente Decreto nº 10.936/2022, que regulamenta a Lei no 12.305/2020, e estabeleceu que:

Art. 8º A coleta seletiva será realizada em conformidade com as determinações dos titulares do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, por meio da segregação prévia dos referidos resíduos, de acordo com sua constituição ou sua composição.

§ 1º O sistema de coleta seletiva, de acordo com as metas estabelecidas nos planos de resíduos sólidos:

II - estabelecerá, no mínimo, a separação de resíduos secos e orgânicos, de forma segregada dos rejeitos; e

Figura 1 - Layout esquemático da CMR.



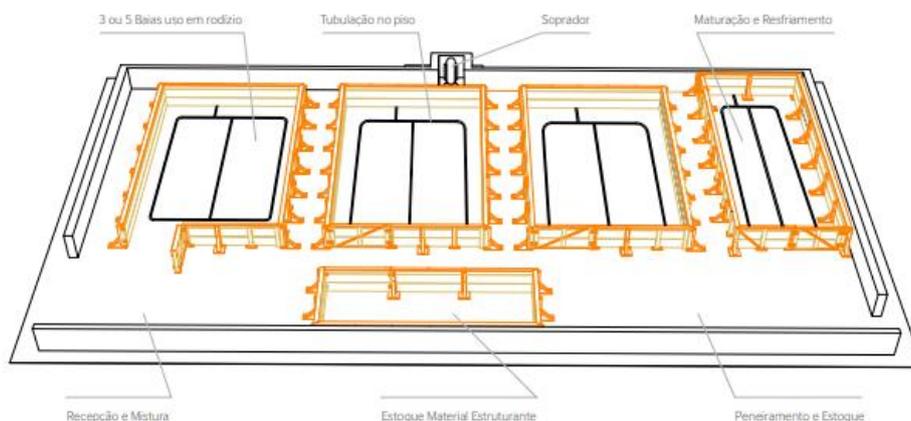
Fonte: Sema (2019).

De acordo com a Sema (2019), o método de tratamento dos resíduos orgânicos tem como referência a compostagem em leiras estáticas (sem revolvimento), com aeração forçada em ambiente fechado (**Figura 2**), praticado na Colômbia. Para tanto, será necessária bomba sopradora, temporizador e peneira rotativa para o pátio. A operação por aeração forçada possibilita menor necessidade de recursos humanos, já que não há necessidade de revolvimento dos resíduos na primeira fase (termofílica) da compostagem, todavia há demanda energética para o seu funcionamento.

Cabe ressaltar que a aeração forçada com bomba sopradora se deve ao fato de que a compostagem deve ocorrer em ambiente aeróbico (com a presença de oxigênio), caso contrário, bactérias indesejadas passam a decompor a matéria orgânica e o processo se torna inadequado, gerando maus odores.

A bomba deve estar conectada a um temporizador e/ou a uma sonda térmica, para manter um fornecimento intermitente de oxigênio.

Figura 2 - Desenho ilustrativo do galpão de compostagem.



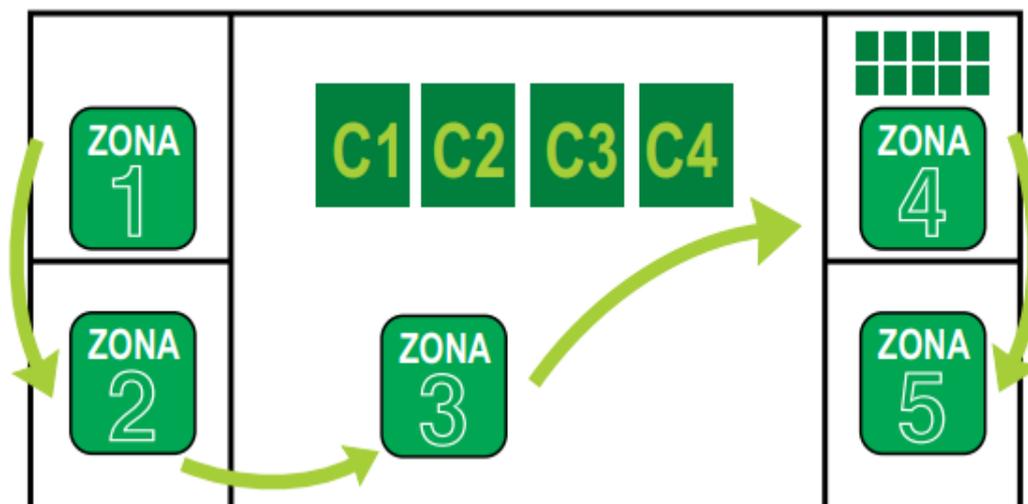
Fonte: Sema (2019).

O controle do processo de compostagem tem início antes da alimentação das baias, quando a mistura dos resíduos deve ser efetuada adequadamente, para proporcionar parâmetros adequados, principalmente, de umidade, carbono e nitrogênio. Durante a decomposição, devem ser observados aspectos relacionados ao fornecimento de oxigênio, aferição regular da temperatura e da umidade. Ao fim, o composto orgânico é peneirado para o ajuste da granulometria seguindo os requisitos do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa).

Vale destacar a importância da utilização de resíduos oriundos de podas trituradas (materiais estruturantes), devido a metodologia de operação com leiras estáticas. Haja vista que não haverá revolvimento, é imprescindível que esses materiais estejam presentes em proporções adequadas, com o intuito de manter a pilha com quantidade de vazios suficiente para a circulação do ar atmosférico em seu interior. Nem todos os resíduos de limpeza urbana possibilitam tal estruturação, a exemplo de restos de gramas e capinação.

A **Figura 3**, contemplada no Guia para a Compostagem desenvolvido pelo WWF – Brasil (2015), e que trata da mesma metodologia de compostagem indicada no Plano de Coletas Seletivas, retrata a logística do fluxo do processo, desde o recebimento dos resíduos, até o armazenamento do composto orgânico produzido. As áreas identificadas são assim denominadas: Zona 1 - Armazenamento de resíduos e do material de mistura; Zona 2 - Seleção e mistura; Zona 3 – Compostagem; Zona 4 - Maturação e peneiramento e; Zona 5 - Armazenamento e embalagem do produto terminado.

Figura 3 - Áreas típicas do processo de compostagem.



Fonte: WWF - Brasil (2015).

De acordo com o Estudo Engenharia, Logística e Afins, elaborado pelo Comares-Cariri (2021), são estimadas 14.847 ton/dia de produção de composto nas 10 CMRs do Cariri, a partir do 5º ano de concessão, cuja área e capacidade média são apresentadas na **Tabela 1**. É possível observar que a demanda quanto ao fator de dimensionamento (coluna inserida pelo autor) varia entre 475 m²/ton.dia e 611,1 m²/ton.dia. O referido estudo ainda menciona que serão necessários 30 agentes de limpeza e 8 fiscais de balança para operação das 10 unidades, além dos equipamentos listados no **Quadro 1**. O Estudo mencionado cita que as balanças rodoviárias dos municípios de Jardim e Farias Brito estão consideradas no serviço da Estações de Transferência de Resíduos (ETR).

Tabela 1 – Área e capacidade das unidades de compostagem das CMRs.

Município	Área (m2)	Capacidade Média (t/dia)	Fator (m ² /ton.dia)
Altaneira	650	1,3	500,0
Barbalha	4.600	9,6	479,2
Caririaçu	1.500	2,7	555,6
Crato	9.500	20	475,0
Farias Brito	900	1,5	600,0
Jardim	1.500	2,6	576,9
Juazeiro do Norte	21.000	43,4	483,9
Missão Velha	1.900	3,9	487,2
Nova Olinda	1.300	2,5	520,0
Santana do Carir	1.100	1,8	611,1

Fonte: Comares-Cariri (2021) (Adaptada pelo autor)

Quadro 1 - Equipamentos para operação da compostagem das CMRs.

Equipamento	Característica	Funções
• 03 (três) trituradores de galhos.	<ul style="list-style-type: none"> • Potência: 49 hp. • Peso: 2.122,8 kg. • Caixa retangular de alimentação: 30,5 cm x 43,2 cm. • Velocidade: 2.220 rpm. • Lâminas/facas: duas com dupla face, aço tipo A8 	• Trituração dos resíduos para redução de seu volume e uniformização do tamanho do material.
• 08 (oito) balanças rodoviárias.	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamento, mínimo, de 18 X 3 m; • Carga de, no mínimo, 60 toneladas. 	• Pesagem dos resíduos.
• 02 (duas) pás carregadeiras.	<ul style="list-style-type: none"> • Pá carregadeira sobre rodas. • Potência líquida 128 hp. • Peso: 11.632 kg. • capacidade da caçamba 1,7 a 2,8 m3 	• Revolvimento das leiras.

Fonte: Comares-Cariri (2021)

Apesar das áreas estipuladas na **Tabela 1** estarem de acordo com o dimensionamento apresentado no Guia para a Compostagem, produzido pelo WWF-Brasil, é possível observar no croqui da CMR (**Figura 2**), que a área de armazenamento e embalagem do produto terminado poderá estar subdimensionada.

Mesmo após o processo de maturação, o composto orgânico deve ficar estocado em área coberta, já que chuvas³ poderiam lixiviar os nutrientes e reduzir a qualidade do composto, bem como poderá haver oscilações do mercado na compra desse produto.

É relevante que se faça uma análise da capacidade de estoque do composto em dias, relacionada ao período sem vendas e/ou qualquer outra forma de utilização. Dentro desse contexto, cabe ressaltar que, de acordo com o Plano, o processo de compostagem será finalizado entre 45 e 60 dias, e caso não haja escoamento tempestivo do composto, haverá a necessidade de maior área para estocagem.

Outro questionamento está relacionado à alimentação das baias de compostagem. É mencionado no dimensionamento do galpão, no Guia para a

³ Só pra contextualizar, não seria bacana apresentar a pluviosidade média da região?

Compostagem, que a altura dos resíduos empilhados nas baias, pode chegar a 2,40 m, mesmo em operações manuais de compostagem. Qual será a forma de alimentação para tal altura, considerando a capacidade média de tratamento de 9,6 toneladas por dia para Barbalha, por exemplo, e que não há previsão de aquisição de pá carregadeira para o pátio de compostagem desse município?

Por fim, embora o Plano de Coletas Seletivas Múltiplas tenha se baseado na concepção da unidade de compostagem com aeração forçada, os Estudos de Engenharia, Logística e Afins informam que o método de compostagem utilizado como base para o dimensionamento das unidades foi o natural. Apesar do exposto, em função de cada realidade, cabe ao Consórcio a definição do método de compostagem.

A compostagem com revolvimento das leiras demanda maiores áreas quando comparada com o método em aeração forçada, já que há a necessidade de mais espaço para as máquinas manobrem e, via de regra, maior tempo dos resíduos em processo. Além disso, os equipamentos utilizados são diferentes. São necessárias principalmente máquinas, como pás carregadeiras, para o revolvimento, enquanto a aeração forçada necessita, sobretudo, de máquinas sopradoras.

Pontos de Atenção
<i>- Necessidade de considerar o período de armazenamento do composto, observando as oscilações do mercado. Ademais é importante frisar que o composto deve ser armazenado em área coberta, para que não haja lixiviação do insumo devido às chuvas.</i>
<i>- Possibilidade de não atendimento do processo de compostagem no período estabelecido no Plano de Coletas Seletivas Múltiplas, o que aumentaria a demanda de área;</i>
<i>- Forma de alimentação das baias de compostagem, levando em conta que foram previstas máquinas para apenas 2 municípios;</i>
<i>- Método de compostagem projetado pelo Plano de Coletas Seletivas Múltiplas (com aeração forçada) diferente do método concebido no Estudo de Engenharia do Consórcio (com revolvimento).</i>

III – ANÁLISE DO SERVIÇO DE COMPOSTAGEM

Tendo em vista a novidade da implementação do sistema de compostagem em grande escala dos resíduos sólidos urbanos no Estado do Ceará, esse tópico possui o intuito de analisar as quantidades de composto orgânico produzidas nas Centrais Municipais de Resíduos, assim como a demanda e possíveis receitas desse processo.

III.1 Produção do Composto Orgânico

O Índice de Desempenho TRMO⁴ (Taxa de redução de matéria orgânica disposta no ATERRO em relação à quantidade de resíduos orgânicos provenientes dos serviços de limpeza urbana recebida na CMR) considera todos os resíduos de limpeza urbana no denominador do índice, entretanto, cabe lembrar que os resíduos de varrição, os quais fazem parte da limpeza urbana, não são compostáveis. Portanto, para efeito do presente estudo, foram considerados no denominador da fórmula do TRMO, apenas os resíduos de podas e feiras livres da limpeza urbana.

De acordo com o Anexo IV – Indicadores de Desempenho, da referida Consulta Pública do Edital realizado pelo Comaris-Cariri (2021), é esperada uma taxa de desvio na ordem de 80% dos resíduos encaminhados às unidades de compostagem em relação matéria orgânica oriunda dos serviços de limpeza de podas e feiras livres, que seriam destinados ao aterro sanitário. Ou seja, a cada 100 toneladas de resíduos resultantes de feiras livres e podas, serão tratadas, pelo menos, 80 toneladas no pátio de compostagem das CMRs.

Conforme o Anexo II - Caderno de Encargos, divulgado pela consulta pública do Consórcio Comares-Cariri (2021), há uma projeção da geração de 22.842 toneladas de resíduos de podas e feiras livres em 2026, ano em que o processo de compostagem será iniciado nas CMRs. Considerando somente os resíduos de serviços de limpeza de podas e feiras livres, serão destinadas, pelo menos, 18.273 toneladas de resíduos para a compostagem nas CMRs no referido ano, com produção estimada de 11.878 toneladas de composto orgânico (considerando-se que 65% da massa de resíduos seja mantida no produto final, segundo o retromencionado estudo).

O referido Estudo considerou que 65 % da massa original seja transformada efetivamente em composto orgânico ao fim do processo e que 10% se tornam rejeito, ou seja, há perda de 25% da massa total, sendo possível observar outros percentuais encontrados em Inácio e Miler (2009).

⁴ O TRMO faz parte do grupo dos Indicadores de Desempenho da Concessão, devendo ser realizados de forma eficiente, eficaz e sustentável, sendo representado pela fórmula: $TRMO = (Qmo / Qrsu) \times 100$, em que:

Qmo - Quantidade, em toneladas, de material orgânico desviada do ATERRO por mês pela CONCESSIONÁRIA através das UNIDADES DE COMPOSTAGEM AERÓBIA das CMRs.

Qrsu - Quantidade, em toneladas, de resíduos verdes provenientes dos serviços de limpeza urbana e resíduos provenientes de feiras livres recebida nas CMRs por mês.

No trabalho, intitulado - Compostagem: Ciência e Prática para a Gestão de Resíduos Orgânicos -, os autores informam que há redução entre 40 e 80 % do peso total e, entre 25 e 50% do volume durante o processo de compostagem, devido a perda de carbono, por meio do gás carbônico, e acentuada pela perda de umidade (INÁCIO; MILLER, 2009). Zhu *et al.* (2004) verificou redução de massa de 50,53% ao desenvolver pesquisa com operação da compostagem com aeração forçada. Tais divergências de percentual, entre o encontrado na literatura e o definido no estudo das CMRs, alteram significativamente a quantidade de composto orgânico produzida.

A **Tabela 2** apresenta a evolução da quantidade de composto orgânico gerado nas CMRs em toneladas, de acordo com as metas mínimas estabelecidos nos indicadores de desempenho mencionados pelo estudo do consórcio.

Tabela 2 - Evolução da quantidade de composto orgânico produzido nas CMRs.

Ano da Concessão		Composto Orgânico (toneladas)		
		Ano	Mês	Dia
1	2022	-	-	-
2	2023	-	-	-
3	2024	-	-	-
4	2025	-	-	-
5	2026	11.877,8	989,8	32,5
6	2027	12.036,4	1.003,0	33,0
7	2028	12.198,2	1.016,5	33,4
8	2029	12.362,0	1.030,2	33,9
9	2030	12.528,9	1.044,1	34,3
10	2031	12.697,9	1.058,2	34,8
11	2032	12.870,0	1.072,5	35,3
12	2033	13.044,7	1.087,1	35,7
13	2034	13.222,6	1.101,9	36,2
14	2035	13.403,0	1.116,9	36,7
15	2036	13.586,6	1.132,2	37,2
16	2037	13.772,7	1.147,7	37,7
17	2038	13.962,0	1.163,5	38,3
18	2039	14.154,4	1.179,5	38,8
19	2040	14.349,9	1.195,8	39,3
20	2041	14.548,0	1.212,3	39,9
21	2042	14.749,8	1.229,2	40,4
22	2043	14.955,2	1.246,3	41,0
23	2044	15.163,2	1.263,6	41,5
24	2045	15.374,8	1.281,2	42,1
25	2046	15.590,1	1.299,2	42,7
26	2047	15.808,5	1.317,4	43,3

27	2048	16.030,6	1.335,9	43,9
28	2049	16.255,7	1.354,6	44,5
29	2050	16.485,0	1.373,8	45,2
30	2051	16.718,0	1.393,2	45,8

Fonte: Comaris-Cariri (2021) (Adaptada pelo autor)

Tendo em vista a essencialidade de escoamento do composto orgânico para a própria sustentabilidade do empreendimento, torna-se necessário que a unidade se adeque as exigências legais. De acordo com o art. 5º e art. 8º do Decreto Federal nº 8.384/2014, tanto os produtos, quanto os estabelecimentos que produzem, comercializam, exportam ou importam fertilizantes, corretivos, inoculantes, biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas, devem ser registrados no Mapa. Após a concessão do registro, o Ministério emite um certificado. A obtenção das certificações, além de um requisito para a comercialização de forma legal do composto orgânico, é fundamental para a viabilização das unidades de compostagem, haja vista que, caso contrário, os consumidores não se sentirão seguros em utilizar o composto produzido nas CMRs.

O composto deve não só apresentar características que sejam desejadas para o cultivo das plantas, mas também não possuir elementos que possam prejudicar o seu desenvolvimento.

A Instrução Normativa nº 27/2006 do Mapa determina que os produtos anteriormente mencionados devem atender aos limites estabelecidos quanto as concentrações máximas de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas. O Anexo V, alterado pela Instrução Normativa SDA nº 07/2016, apresenta os limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo (**Tabela 3**).

Tabela 3 - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo hexavalente (mg/kg)	2,00
Mercúrio (mg/kg)	1,00
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1000,00

Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)		1,00
<i>Salmonella sp</i>		Ausência em 10g de matéria seca
Materiais inertes	Vidros, plásticos, metais > 2mm	0,5% na massa seca
	Pedras > 5mm	5,0% na massa seca

Fonte: Brasil (2006).

Por outro lado, a Instrução Normativa nº 25/2009 do Mapa estabelece valores máximos e mínimos de parâmetros para os fertilizantes orgânicos (**Tabela 4**). O composto orgânico a ser produzido pelas CMRs será considerado de Classe C: fertilizante orgânico que utiliza o resíduo domiciliar como matéria-prima, resultando em produto que pode ser utilizado com segurança na agricultura. A mesma Instrução normativa trata de especificações quanto a natureza física do produto (granulometria) e quanto aos macronutrientes primários e secundários, além dos micronutrientes.

Tabela 4 - Especificação dos fertilizantes orgânicos mistos e compostos

Garantia	Misto/composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade (máx.)	50	50	50	70	50
N total (mín.)	0,5				
*Carbono orgânico (mín.)	15				10
*CTC(1)	Conforme declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
*Relação CTC/C (1)	Conforme declarado				
Outros nutrientes	Conforme declarado				

*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65°C)
É obrigatória a declaração no processo de registro de produto (1).

Fonte: Brasil (2009).

A relação entre a quantidade gerada de resíduos das podas, capinagem e restos de alimentos para a compostagem deve ser mensurada. O processo de compostagem necessita de uma proporção entre os materiais, levando em conta, principalmente, a relação entre carbono e nitrogênio. Geralmente a proporção entre os volumes de poda triturada e resto de alimento varia em torno de 2 a 3 daquele, para 1, desse. Portanto, caso haja uma pequena geração de resíduos de podas poderia levar a uma redução da capacidade de compostagem dos restos de alimentos das feiras.

Pontos de Atenção
<i>- Estimativa da manutenção da massa do composto orgânico de 75% em relação a massa de resíduos inicial vai de encontro ao encontrado na literatura técnica, o que pode afetar para menos a quantidade de composto orgânico produzida e, conseqüentemente, eventual comercialização e/ou outra forma de consumo ;</i>
<i>- Obrigação de obter certificados com o Mapa para a produção e comercialização do composto orgânico, além de promover a credibilidade do produto perante o consumidor;</i>
<i>- Necessidade de coleta seletiva dos resíduos orgânicos atuar de forma efetiva, pois caso os resíduos não cheguem ao pátio de compostagem de forma segregada, contaminantes poderão estar presentes em quantidades no composto orgânico acima das permitidas nas Instruções Normativas do Mapa;</i>
<i>- Realização de pesquisas que tenham como objetivo analisar a qualidade do composto orgânico gerado, conforme critérios exigidos pelo Mapa, a partir da concepção do modelo de compostagem estabelecido pelo Plano de Coletas Seletivas Múltiplas e/ou Consórcio;</i>
<i>- Quantificação dos resíduos de podas, de capinagem e de restos de alimentos das feiras e mercados por município.</i>

III.2 Demanda do Composto Orgânico

Há três possibilidades quanto à destinação do composto orgânico, as quais podem ocorrer de forma conjunta. A primeira é a venda para grandes e pequenos agricultores realizadas geralmente com o material a granel. O uso na agricultura representa a parcela com maior potencial de absorção, tendo em vista que extensas áreas são utilizadas para a plantação das mais diversas culturas. Outra possibilidade é a utilização do composto nos espaços públicos (canteiros e praças) pelas Prefeituras Municipais, bem como ser doado para a população ou criação de espaços destinados a agricultura urbana pelo Poder Público, o que levaria ao maior entendimento da população sobre a necessidade da separação da matéria orgânica dos demais resíduos e engajamento neste processo. Uma terceira possível via é a venda para consumidores comuns, o que poderia ser realizado em sacos de 20 e 40kg, por exemplo.

De antemão, é fundamental prever a destinação do composto orgânico caso não seja vendido, seja pela não adequação aos parâmetros de qualidade exigidos, seja pela falta de interesse pelos potenciais consumidores. Afinal, nessa situação, o composto não poderia ser armazenado de forma indefinida no pátio de compostagem.

Utilização na Agricultura

A **Tabela 5** apresenta a média das quantidades e áreas de colheita das culturas mais exploradas dos municípios da região do Consórcio entre 2014 e 2016, a partir de dados compilados do Anuário Estatístico do Ceará 2017, divulgado pelo Ipece (2017), é possível observar que as culturas permanentes e temporárias de banana, cana-de-açúcar, milho, mandioca, tomate e feijão apresentaram as maiores produção em toneladas nos anos mencionados.

Tabela 5 - Média anuais das quantidades e áreas de colheita das principais culturas desenvolvidas nos municípios do Comares-Cariri (entre 2014 e 2016).

Lavouras Permanentes			Lavouras Temporárias		
Item	Área (ha)	Qtd (Ton)	Item	Área (ha)	Qtd (Ton)
Abacate	10,0	60,7	Abacaxi	111,3	2627,7
Banana	2.709,3	60.505,7	Arroz	582,7	1084,3
Castanha de caju	803,7	252,3	Batata-doce	37,3	225,7
Coco-da-baía	173,3	1.380,0	Cana-de-açúcar	858,0	34309,7
Goiaba	48,3	521,7	Fava	2.509,7	679,3
Laranja	51,7	460,3	Feijão	10.221,3	3756,3
Limão	34,3	316,3	Mamona	3,3	1,0
Mamão	50,3	1.277,7	Mandioca	1.183,0	10959,3
Manga	243,3	2.492,3	Milho	20.092,0	23267,7
Maracujá	58,3	596,7	Tomate	143,0	4914,3
Sisal ou agave	75,7	156,3			
Tangerina	11,7	54,7			

Fonte: Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (2017) (Adaptada pelo autor).

A seguir é mostrada uma estimativa, com base em valores médios do uso de fertilizantes orgânicos (em kg/m²) de acordo com o tipo de cultura em pesquisa realizada por Trani (2013), das quantidades de compostos orgânicos necessárias para o suprimento do plantio das principais culturas desenvolvidas na região, conforme elencadas na **Tabela 6**.

A estimativa foi dividida quanto a adubação de plantio de hortaliças (batata-doce, feijão, mandioca e tomate) e de produção de frutíferas (abacate, banana, goiaba e mamão), que representam parte das colheitas nos municípios do Consórcio, conforme observado na **Tabela 5**.

Para efeito de estimativa, foi considerada apenas um ciclo de colheita para as hortaliças. Essas recomendações são fundamentadas em valores médios, já que para dados mais fidedignos, devem ser consideradas as particularidades de cada localidade.

Tabela 6 - Quantidades estimadas de composto orgânico de acordo com o tipo de cultura

Adubação de Plantio (Hortaliças)					
Item	Composto Orgânico (kg/m ²)	Área (ha)			Demanda Composto (Ton)
Batata-doce	1,5	37,3			560,0
Feijão	3	10.221,3			306.640,0
Mandioca	1,5	1.183,0			17.745,0
Tomate	2,5	143,0			3.575,0
Total Hortaliças					32.8520,0
Adubação de Produção (Frutíferas)					
Item	Composto Orgânico (kg/planta)	Área (ha)	Plantas/ha	Plantas	Demanda Composto (Ton)
Abacate	20	10,0	100	1000	20,0
Banana	12,5	2.709,3	1.805	4.890.347	61.129,3
Goiaba	20	48,3	330	15.950	319,0
Mamão	12,5	50,3	1.660	83.553	1.044,4
Total Frutíferas					62.512,8
Total Geral					391.032,8

Fonte: Trani (2013) (Adaptada pelo autor)

Ao se comparar a demanda anual estimada de composto orgânico entre 2014 e 2016 das culturas elencadas na **Tabela 6** (391.032 toneladas) com a produção esperada em 2026 nas CMRs (11.877 toneladas), é possível observar que a quantidade de composto produzida representa 3,03% da quantidade potencialmente demandada. A incorporação do composto orgânico por tais culturas, parte do pressuposto que possuam a qualidade exigida pelo Mapa e pelos agricultores.

A depender das condições locais, tipo de cultura e manejo das plantações, faz-se necessário o incremento de minerais aos compostos orgânicos, tornando-o um fertilizante organomineral⁵. Um exemplo é a combinação de esterco animal com superfosfato simples, o que aumenta a concentração de enxofre, fósforo e cálcio, além de reduzir as perdas de nitrogênio devido a volatilização da amônia (TRANI, 2013).

5 A Instrução Normativa nº 25/2009, por meio do Anexo VI, determina os aditivos autorizados para uso em fertilizantes organominerais. Quanto aos parâmetros da Instruções Normativas do Mapa relacionados aos nutrientes e contaminantes, os fertilizantes organominerais apresentam valores com limites diferentes dos fertilizantes orgânicos (Tabelas 3 e 4).

Utilização pelo Poder Público

As Prefeituras têm um potencial para utilização do composto orgânico produzido nas CMRs, seja na adubação de jardins e espaços públicos, seja com criação de projetos socioambientais, como o repasse do insumo sem ônus ou a preços subsidiados para agricultores familiares, desde que o fertilizante apresente as características dentro dos padrões exigidos pelo Mapa.

A exemplo do projeto Feiras e Jardins Sustentáveis⁶ que, desde 2015, realiza a compostagem dos resíduos de parte das feiras livres do município de São Paulo por meio da Autoridade Municipal de Limpeza Urbana, o composto gerado pode ser destinado para jardins e praças públicas, agricultores familiares, projetos sociais e qualquer cidadão que tenha interesse

Na cidade de Fortaleza há o projeto Horta Social, o qual faz parte do Programa Fortaleza Cidade Amiga do Idoso, que tem como objetivos incentivar a agricultura urbana e garantir a segurança alimentar dos idosos em vulnerabilidade social. Nas três estufas de 750m² cada, foram colhidas e distribuídas 4.497 toneladas de alimentos produzidas de forma orgânica em 2021 (O GLOBO, 2021).

Para replicar tal projeto na região do Consórcio, deve-se quantificar os custos de instalação, mensurar a área a ser utilizada para o cultivo das hortas de acordo com o número de possíveis beneficiados, identificar as hortaliças que se adequam ao clima e avaliar o grau de participação que a população teria no projeto.

Venda para Consumidores Comuns

Ao fazer a embalagem do fertilizante em sacos de 20kg ou 40kg (**Figura 4**), aumentam-se as possibilidades de venda já que outros possíveis consumidores passam a comprá-lo. Outrossim, o preço de venda do quilograma do produto aumenta cerca de 3 a 4 vezes quando o produto está ensacado em relação ao mesmo produto vendido a granel.

Entretanto, nesse caso, há a necessidade de levantar os custos inerentes ao processo de embalagem dos sacos. Para a venda do composto orgânico em sacos, é

6 Projeto Feiras e Jardins Sustentáveis - <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/amlurb/index.php?p=283430>

fundamental seguir as exigências em relação a embalagem e rotulagem de fertilizantes, apresentados na Instrução Normativa 25/2009.

Figura 4 - Composto orgânico ensacado



Pontos de Atenção
<i>- Imprescindibilidade da coleta de dados a respeito da quantidade de fertilizante utilizado por cada municípios em seus espaços públicos, considerando as variações das estações do ano;</i>
<i>- Realização de consulta técnica com agrônomos da Embrapa e EMATER-Ce para o entendimento das possíveis adições de minerais ao composto orgânico, planejando a melhor forma de introduzir esse fertilizante no mercado;</i>
<i>- Desenvolvimento de trabalhos científicos em parceria com a Universidade Federal do Cariri e com o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Crato nas áreas de agronomia, saneamento ambiental e áreas afins, com o intuito de analisar as melhores forma de aplicação do composto na agricultura e manejo dos resíduos no processo de compostagem;</i>
<i>- Busca de alternativas de destinação do composto orgânico, caso a previsão de vendas não seja alcançada ou devido ao não atendimento dos requisitos do Mapa, tendo em vista que o produto não pode ser armazenado indefinidamente no pátio de compostagem.</i>

III.4 Despesas e Receitas Estimadas

De acordo com o Memorial de Cálculo dos Custos de Operação e Investimento do Projeto do estudo realizado pelo Comares-Cariri (2021), o custo operacional médio para tratamento dos resíduos orgânicos nas CMRs é de R\$ 86,03 por tonelada. Nesse cálculo são considerados os custos relacionados ao pessoal, uniformes, EPIs, materiais, ferramentas, equipamentos, manutenção, dentre outros.

O menor custo unitário do processo de compostagem nas CMRs é verificado em Juazeiro do Norte (R\$ 43,36 por tonelada), enquanto o maior é constatado no município de Santana do Cariri (R\$ 239,94 por tonelada). Apesar do fato de que a Concessionária irá realizar o processo de compostagem em todas as unidades das Centrais Municipais de Resíduos, cada unidade apresentará resultados econômicos divergentes por possuírem diferentes escalas de operação. Partindo do pressuposto de que a qualidade do composto orgânico produzido seja semelhante entre as CMRs e de que todo o composto orgânico seja vendido, os municípios de Crato e Juazeiro do Norte apresentariam maiores retornos, haja vista os menores custos operacionais unitários desses.

Vale ressaltar, novamente, que o orçamento de referência contemplado pelo memorial citado, é calculado com base no método de compostagem com revolvimentos de leiras. Ademais, nesse documento, não são considerados os custos relativos as análises físicas, químicas e biológicas que deverão ser efetuadas para garantir a qualidade certificada pelo composto, assim como não são levados em conta as despesas administrativas e tributárias.

Segundo o memorial, será necessário o investimento de R\$ 6.777.276,00 para a implantação dos galpões de compostagem, levando em conta todas as CMRs, e um reinvestimento de R\$ 1.355.455,00 a ser realizado no 15º e 25º ano após o início da concessão.

A receita advinda da venda do composto orgânico poderá ocorrer por meio do produto disponível a granel ou em sacos de 20kg e 40kg. De acordo com pesquisa realizada em janeiro de 2022 pelo Corpo Técnico da Arce na Região Metropolitana de Fortaleza, o preço da tonelada de composto orgânico procedente de esterco é de R\$ 210,00 (Fértil Vida Produtos Agrícolas Ltda), enquanto os sacos de 20kg e 40kg são vendidos a R\$ 13,90 (Armazém do Jardineiro) e R\$ 26,00 (Casa do Agricultor – Hortifertil Produtos Agropecuários), respectivamente. Esses valores não levam em conta o transporte ao consumidor final.

Levando-se em conta que 70% do composto orgânico será vendido por tonelada, 20% em sacos de 40kg e 10% em sacos de 20kg, é possível prever a receita com a venda do fertilizante nas unidades de compostagem. Vale ressaltar que os preços dos fertilizantes coletados devem apresentar valores diferentes em relação ao composto que será gerado nas CMRs, tendo em vista que esse utilizará RSU como matéria-prima, porém, foram utilizados para efeito de estimativa. Considerando um cenário ideal, de

vendas de composto a granel e em sacos, com a qualidade mínima exigida pelo Mapa, em 2026 (primeiro ano de operação das unidades de compostagem), seriam aferidos R\$ 4.115.671,56, distribuídos da seguinte forma:

- **Venda do composto orgânico a granel:** 8.314,5 toneladas vendidas a R\$ 210,00 por tonelada – R\$ 1.746.042,48;
- **Venda do composto orgânico em sacos de 40 kg:** 2.375,6 toneladas vendidas a R\$ 26,00 por saco – R\$ 1.544.119,2;
- **Venda do composto orgânico em sacos de 20 kg:** 1187,784 toneladas vendidas a R\$ 13,90 por saco – R\$ 825.509,88.

Tal simulação, de acordo com as premissas estabelecidas, apontam para necessidade de aprofundamento dos estudos e processos, para o alcance da sustentabilidade técnica e financeira da compostagem e da manutenção da rota tecnológica proposta.

Ao serem comparadas as receitas e despesas do processo de compostagem das CMRs, é necessário adequar as unidades envolvidas. Ao passo que as receitas são apresentadas em valores monetários por tonelada de composto orgânico produzido, as despesas relatadas retratam valores monetários por toneladas de resíduos tratados. Portanto, ao considerar que 65% dos resíduos sejam efetivamente transformados em fertilizante, o custo operacional médio das CMRs pode ser mensurado como R\$ 132,32 por tonelada de composto orgânico.

Vale destacar que se porventura as unidades de compostagem receberem quantidades menores de resíduos orgânicos que as esperadas pelo **Tabela 2**, poderá haver um aumento do custo unitário, já que serão mantidos diversos custos operacionais, como aquelas relacionadas à necessidade de agentes de limpeza e equipamentos.

IV – CONCLUSÕES

A compostagem em grande escala com a utilização de restos de alimentos e de feiras livres é ainda incipiente no Ceará e no Brasil. Dessa forma, são necessários maiores estudos que possibilitem analisar a viabilidade técnica e econômica da implantação de uma unidade de compostagem, no âmbito local, como a tratada nesse relatório. Embora a operação das unidades de compostagem se inicie após cinco anos do início da concessão, pesquisas envolvendo a metodologia de compostagem com

aeração forçada, prevista no Plano de Coletas Seletivas Múltiplas, são importantes para garantir a qualidade do composto produzido. Outrossim, deve-se analisar a melhor forma de utilização do composto orgânico no mercado, de modo a viabilizar a sustentabilidade econômica do tratamento. Além disso, é indispensável que os agricultores da região tenham conhecimento da solução proposta, e assim, passem confiar na qualidade do produto.

Após a análise da demanda de oito das principais culturas desenvolvidas na região dos municípios que formam o Consórcio, é possível constatar que há demanda para utilização do composto orgânico na agricultura. Contudo, é imprescindível que o fertilizante esteja adequado quanto aos parâmetros exigidos pelas Instruções Normativas 27/2006, 25/2009 e 07/2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, pois, caso contrário, a Concessionária não poderá realizar a comercialização do composto.

Apesar dos pontos mencionados nesse relatório, a compostagem pode ser plenamente viável nas CMRs para que, sendo operadas com base na boa técnica, pesquisas, planejamento e comunicação de todos que participam direta e indiretamente do processo, sejam capazes de atingir os objetivos almejados pela Concessão e pela PNRS.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020**. São Paulo: Abrelpe, 2020. 52 p.

AUGUSTO, Filipe. **Ceará foca na coleta seletiva para reduzir quantidade de resíduos sem reaproveitamento**. 2021. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/10/11/ceara-foca-na-coleta-seletiva-para-reduzir-quantidade-de-residuos-sem-reaproveitamento/>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BRASIL. Decreto nº 8.384, de 2014. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. Brasília, 29 dez. 2014.

BRASIL. Instrução Normativa nº 07, de 2016.

BRASIL. Instrução Normativa nº 25, de 2009.

BRASIL. Instrução Normativa nº 27, de 2006.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 2005. **Dispõe Sobre Normas Gerais de Contratação de Consórcios Públicos e Dá Outras Providências**. Brasília.

Ceará. Assembleia Legislativa. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. **Cenário atual do saneamento básico no Ceará** [livro eletrônico]. – Fortaleza: Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, INESP, 2021.

CEARÁ. Lei nº 16.032, de 20 de junho de 2016. **Institui A Política Estadual de Resíduos Sólidos no Âmbito do Estado do Ceará**. Fortaleza, CE.

CEARÁ. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **PLANO DAS COLETAS SELETIVAS**: anexo região cariri centro. Fortaleza, 2019. 68 p.

CEARÁ. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **PLANO ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Fortaleza, 2016. 134 p.

COMARES - CARIRI. **ANEXO II – CADERNO DE ENCARGOS**. Crato, 2021. 44 p.

COMARES - CARIRI. **ANEXO IV – INDICADORES DE DESEMPENHO**. Crato, 2021. 21 p.

COMARES - CARIRI. **ANEXO VIII – ESTRUTURA TARIFÁRIA**. Crato, 2021. 21 p.

COMARES - CARIRI. **Estudos de Engenharia, Logística e Afins**. Crato, 2021. 126 p.

Horta social doa meia tonelada de verduras para instituições beneficentes de Fortaleza. O Globo, Fortaleza, 8 de junho de 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/06/08/horta-social-doa-meia-tonelada-de-verduras-para-instituicoes-beneficentes-de-fortaleza.ghtml>. Acesso em: 17 jan. 2022.

INÁCIO, Caio de Teves; MILLER, Paul Richard Momsen. **Compostagem**: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156 p.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. **Anuário Estatístico do Ceará 2017**. Fortaleza, 2017. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2017/aspectosEconomicos/agropecuaria_extracao/agricultura.htm. Acesso em: 17 jan. 2022.

MOTA, Ricardo. Fim dos lixões. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 27 maio 2021. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/opiniao/colunistas/2.16609/fim-dos-lixoes-1.3090661#>. Acesso em: 17 jan. 2022.

TRANI, Paulo E. *et al.* Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas. **Instituto Agrônomo de Campinas**, Campinas, fev. 2013.

WWF-BRASIL. **Guia para a Compostagem**: coberta sem odores sem líquidos rápida. Brasília,

ZHU, *Net al.* Performance characteristics of three aeration systems in the swine manure composting. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 95, n. 3, p.319-326, dez. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2004.02.021>. 2015. 105 p.