

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Rosângela Mendanha da Veiga

DO LIXÃO À ECONOMIA CIRCULAR: UM SALTO POSSÍVEL?

Uberlândia
2019

Rosângela Mendanha da Veiga

DO LIXÃO À ECONOMIA CIRCULAR: UM SALTO POSSÍVEL?

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, nível doutorado (programa DINTER/CAPES – 2015); Área de Concentração: Geografia e Gestão do Território; Linha de pesquisa: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental; do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Professor orientador: Prof. Dr. Manfred Fehr

Uberlândia

2019

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

V426 2019	<p>Veiga, Rosângela Mendanha da, 1965- Do lixo à Economia Circular: um salto possível? [recurso eletrônico] / Rosângela Mendanha da Veiga. - 2019.</p> <p>Orientador: Manfred Fehr. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Geografia. Modo de acesso: Internet. Disponível em: http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2170 Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Geografia. I. Fehr, Manfred, 1936-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em Geografia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 910.1</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB8/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB8/3074

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Rosângela Mendanha da Veiga

DO LIXÃO À ECONOMIA CIRCULAR: UM SALTO POSSÍVEL?

Banca examinadora

Prof. Dr. Manfred Fehr (orientador – UFU)

Prof. Dra. Beatriz Ribeiro Soares (membro da banca – UFU)

Prof. Dr. William Rodrigues Ferreira (membro da banca – UFU)

Prof. Dra. Paula Loureiro Paulo (membro da banca – UFMS)

Prof. Dr. Humberto Ferreira Silva Minéu (membro da banca – IFTM)

Data: 25 de Junho de 2019.

Resultado: aprovada (ver Ata de Defesa - Processo nº 23117.055672/2019-69; SEI nº 1344885).



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

ATA DE DEFESA

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA - PPGeo				
Defesa de:	Tese de Doutorado, Número 181, PPGeo				
Data:	25 de junho de 2019	Hora de início:	13h:30m	Hora de encerramento:	17h:00m
Matrícula do Discente:	11513GEO034				
Nome do Discente:	Rosângela Mendanha da Veiga				
Título do Trabalho:	DO LIXÃO À ECONOMIA CIRCULAR: UM SALTO POSSÍVEL?				
Área de concentração:	GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO				
Linha de pesquisa:	Análise, Planejamento e Gestão Ambiental				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Anfiteatro/sala Bloco 1H - Sala 2, Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Geografia, assim composta: Professores Doutores: Paula Loureiro Paulo - UFMS; Humberto Ferreira Silva Mineu - IFTM; William Rodrigues Ferreira - IG/UFU; Beatriz Ribeiro Soares - IG/UFU e Manfred Fehr - IG/UFU orientador(a) do(a) candidato(a). Os Professores Paula Loureiro Paulo e Humberto Ferreira Silva Mineu participaram via skype das cidades de Campo Grande-MS e Ituiutaba - MG respectivamente.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a). Manfred Fehr, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a) com louvor.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutora.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Manfred Fehr, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/07/2019, às 16:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Beatriz Ribeiro Soares, Professor(a) do Magistério Superior**, em 01/07/2019, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Humberto Ferreira Silva Minéu, Usuário Externo**, em 01/07/2019, às 19:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **William Rodrigues Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/07/2019, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paula Loureiro Paulo, Usuário Externo**, em 06/08/2019, às 13:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1344885 e o código CRC F36141F8.

DEDICATÓRIA

Aos que me antecederam. Queridos pais, avós, bisavós e todos que vieram antes, cujas vidas, semeaduras e caminhos percorridos me trouxeram até aqui. Reverencio, agradeço e abençoo!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por tudo...

Ao Mestre, orientador de uma outra dimensão.

À minha família, presença e suporte de todas as horas.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), pela preciosa oportunidade que me foi dada.

A todos os integrantes do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), pelo trabalho comprometido e solidário.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Manfred Fehr, a quem muito respeito e admiro por seu saber, experiência e dedicação.

A Prof. Dra. Beatriz Ribeiro Soares e ao Prof. Dr. William Rodrigues Ferreira, membros da banca examinadora composta para o Exame de Qualificação, pela leitura atenta seguida de pertinentes sugestões.

A todos os membros da banca examinadora composta para a defesa final, pela aceitação do convite e, sobretudo, pela avaliação deste trabalho.

Aos colegas da turma DINTER UFU-IFG 2015, com os quais caminhei lado a lado.

A todos os envolvidos no Projeto Sanear Cidades. Meu reconhecimento especial pelo trabalho da equipe responsável pela componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás: Ana Paula Almeida Marinho, Ana Taíssa de Resende Falcão, Letícia Pereira Borges e Thályta Duarte dos Santos. Destaco também a contribuição dada pelo João Pedro de Sousa Costa, acadêmico de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura do IFG, e pelo Prof. Dr. Nilton Ricetti Xavier de Nazareno, coordenador do Núcleo de Cartografia do projeto.

À Prefeitura Municipal de Goiás, particularmente, à Prof. Dra. Ana Cláudia de Lima Silva, Secretária Municipal de Meio Ambiente durante o período em que foi realizado o diagnóstico da componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás, e à Suellen Cristina Magalhães Vieira, Coordenadora de Fiscalização Ambiental.

Às minhas orientandas, Lorena Tibúrcio Stival e Marianne Stella Corrêa dos Santos, autoras de trabalhos citados nesta tese.

Aos colegas da Coordenação de Engenharia Ambiental e Sanitária do IFG – Campus Goiânia, particularmente, à Prof. Dra. Rosana Gonçalves Barros, ao Prof. Dr. Viníciu Fagundes Bárbara, à Prof. Dra. Nolan Ribeiro Bezerra Teixeira e ao Prof. Dr. Marlon André Capanema, pela amizade, apoio e incentivo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo em 2017.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Por fim, acrescento que as frases acima, embora curtas, são expressões de muita gratidão, por parte de alguém que reconhece ser impossível passar sozinho por uma experiência como esta. Na vida, deixamos marcas nas pessoas e somos marcados por elas. Ao final deste processo, passo a carregar comigo, com muito carinho e apreço, um pouquinho de todos vocês que encontrei ao longo de mais este caminho.

Sou muito grata a todos!

Noites Goianas

Tão meigas, tão claras

Tão belas, tão puras

Por certo não há

São noites de trovas

De beijos e juras

As noites de cá

Em Nice, em Lisboa

Na Itália famosa

Tais noites não há

São noites somente

Da pátria formosa

Do índio Goyá

As noites goianas

São claras, são lindas

Não temem rivais

Goianos, traduzem

Doçuras infindas

As noites que amais

São noites somente

Da pátria formosa

Do índio Goyá

(Joaquim Bonifácio e Joaquim Santana)

RESUMO

As questões vinculadas aos resíduos sólidos são emergentes, principalmente nos ambientes urbanos. De um lado, diariamente, há um volume a ser coletado e depositado em áreas de disposição final, regulares ou clandestinas; e de outro, cada vez menos espaços adequados para esta finalidade. A solução desta problemática passa pelo planejamento e pela concepção de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos inovadores. A teoria da Economia Circular apresenta elementos para desenvolvê-los. Esta constatação definiu o objetivo deste trabalho, que foi propor um modelo de referência para a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, baseado na teoria da Economia Circular, como uma alternativa ao atual modelo. A execução do trabalho iniciou-se pela formação de um referencial teórico. O estudo dos conteúdos referentes aos Resíduos Sólidos Urbanos apontou os aspectos técnicos, o modelo de referência adotado no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo, bem como o desafio a ser enfrentado pelos municípios brasileiros. A abordagem da teoria relativa à Economia Circular revelou os seus pressupostos, bem como a sua relação com o recorte temático estabelecido. A fundamentação teórica embasou a proposição de um novo modelo de referência para subsidiar o planejamento e a concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos nos municípios brasileiros, baseado na destinação ao invés da disposição final, específico para operar em um cenário de transição da Economia Linear para a Circular. Foram inseridas, no modelo de referência atual, adaptações baseadas nos pressupostos da Economia Circular, o que resultou no Modelo de Transição. Através de um estudo de caso, realizado no Município de Goiás (Goiás, Brasil), a aplicabilidade do Modelo de Transição foi avaliada. A partir do diagnóstico do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos deste município, foi proposto um prognóstico e um Plano de Ação para os Resíduos Sólidos Urbanos, orientado pelo Modelo de Transição. A avaliação do Modelo de Transição, através do estudo de caso, demonstrou que: (I) saltar do lixão para a Economia Circular é possível, se forem considerados apenas os aspectos tecnológicos; (II) saltar do lixão para a Economia Circular pode ser possível, se superados os aspectos culturais e financeiros.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos. Gestão de resíduos sólidos. Modelo de gestão. Sistema de gestão. Processo de gerenciamento. Cidade Circular. Economia Linear.

ABSTRACT

Issues related to solid waste are emerging, especially in urban environments. On one hand, daily, there is a volume to be collected and deposited in final disposal areas, which can be regular or clandestine; on the other hand, there are less suitable spaces for this purpose. The solution for this problem involves planning and designing innovative solid waste management systems. The Circular Economy theory presents elements to develop them. This finding defined the objective of this work, which was to propose a reference model for Urban Solid Waste management, based on the Circular Economy theory, as an alternative to the current model. The work execution began with a theoretical framework formation. The study of contents related to Urban Solid Waste pointed out the technical aspects, the reference model adopted in management systems planning and design, as well as the challenge to be faced by Brazilian municipalities. The Circular Economy theory approach revealed its presuppositions, as well as its relation with the established thematic focus. The theoretical framework grounded the proposition of a new reference model to support solid waste management systems planning and design of Brazilian municipalities, based on destination rather than the final disposal, specific to operate in a Linear to Circular Economy transition scenario. Adaptations based on Circular Economy presuppositions were inserted into the current reference model, which resulted in the Transition Model. Through a case study, realized in Goiás (Goiás, Brazil), the Transition Model's applicability was evaluated. From the diagnosis of the solid waste management system of this municipality, a prognosis and an Action Plan for Urban Solid Waste were proposed, guided by the Transition Model. The evaluation of the Transition Model, through the case study, showed that: (I) jumping from dump to Circular Economy is possible, considering only the technological aspects; (II) jumping from dump to Circular Economy may be possible if the cultural and financial aspects are overcome.

Keywords: Urban solid waste. Solid waste management. Management model. Management system. Management process. Circular City. Linear Economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delimitação do objeto de estudo.	34
Figura 2 – Transição da Economia Linear para a Circular segundo uma linha do tempo.....	36
Figura 3 – Evolução do modelo de referência na transição da Economia Linear para a Circular.	36
Figura 4 – Interseção entre as áreas do conhecimento e os campos do saber.	40
Figura 5 – Relação do artefato com a sua classe de problemas.....	43
Figura 6 – Método de trabalho.	45
Figura 7 – Localização do Município de Goiás.....	50
Figura 8 – Cenas do Centro Histórico do Município de Goiás.	51
Figura 9 – Protocolo de investigação da unidade-caso.....	52
Figura 10 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa.....	67
Figura 11 – CS Bioenergia.	68
Figura 12 – Transferência de lixo na praia do Flamengo.	72
Figura 13 – Campanha educativa desenvolvida na década de 70.....	73
Figura 14 – Primeiros programas de coleta seletiva de resíduos sólidos no Brasil.....	74
Figura 15 – A escada de Lansink.....	78
Figura 16 – Formas de prestação dos serviços de Saneamento Básico.	85
Figura 17 – Modelo de gestão de resíduos sólidos convencional.	86
Figura 18 – Gráfico representativo do número de entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos, por natureza jurídica.....	87
Figura 19 – Evolução da gestão de resíduos sólidos, situações (I) e (II).	89
Figura 20 – Evolução da gestão de resíduos sólidos, situações (III) e (IV).	90
Figura 21 – Processo de gerenciamento dos resíduos sólidos segundo a PNRS.....	92
Figura 22– Sistemas urbano-industriais segundo um modelo linear e aberto.	99
Figura 23 – Fontes de criação de valor em uma Economia Circular.....	116
Figura 24 – Diagrama sistêmico da Economia Circular.....	118
Figura 25 – A insustentabilidade do sistema esquematizada.	121
Figura 26 – Mapa mundial das deposições de resíduos sólidos.	131
Figura 27 – Tipologia dos modelos segundo Echenique.....	141
Figura 28 – Cenários e modelos de referência nos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos.....	143
Figura 29 – Aspecto e impacto ambiental na geração dos resíduos sólidos.....	145

Figura 30 – Ciclo de vida do produto na Economia Linear.....	146
Figura 31 – Ciclo de vida do produto na Economia Circular.....	147
Figura 32 – Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: ordem de prioridade.	148
Figura 33 – Modelo com ciclo aberto e fluxo linear.	149
Figura 34 – Modelo com ciclo e fluxo mistos.	149
Figura 35 – Modelo com ciclo fechado e fluxo circular.....	150
Figura 36 – Ciclos, fluxos e modelos de referência nos cenários esboçados.	151
Figura 37 – Processo de gerenciamento encontrado nos municípios brasileiros e suas variantes.	153
Figura 38 – Componentes do planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos.	157
Figura 39 – Sistemas urbano-industriais segundo um modelo circular e fechado.	158
Figura 40 – Diagramas dos ciclos dos materiais na Economia Circular.	163
Figura 41 – Atores e fontes geradoras de resíduos sólidos agrupados por setores da economia.	164
Figura 42 – Planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (fase pré-consumo).	165
Figura 43 – Planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (fase pós-consumo - fluxo I).....	166
Figura 44 – Planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (fase pós-consumo - fluxo II).	167
Figura 45 – Diagrama orientador da concepção do Modelo de Transição.....	169
Figura 46 – Os ciclos biológico e técnico e as fases do ciclo de produção e consumo na Economia Circular.	170
Figura 47 – Ciclo biológico: fluxos de resíduos sólidos da agroindústria.	171
Figura 48 – Ciclo biológico: fluxos de resíduos sólidos domiciliares.....	172
Figura 49 – Ciclo técnico: fluxos de produtos para a reutilização.	174
Figura 50 – Ciclo técnico: fluxos de resíduos sólidos para a reciclagem.....	175
Figura 51 – Ciclo técnico: fluxos de rejeitos para a recuperação de energia.	175
Figura 52 – Ciclo biológico: partido geral para o Modelo de Transição.....	178
Figura 53 – Ciclo técnico: partido geral para o Modelo de Transição.	179
Figura 54 – Fluxograma geral: estrutura básica do Modelo de Transição.	180
Figura 55 – Legenda dos símbolos empregados na modelagem dos processos B e T.	181
Figura 56 – Indicação da fase pré-consumo no processo B.	185

Figura 57 – Fluxograma B-pre: detalhamento da fase pré-consumo no processo B.....	187
Figura 58 – Fluxograma B-pre1: proposições para modificação do processo produtivo.....	188
Figura 59 – Fluxograma B-pre1a: gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos do processo produtivo.....	189
Figura 60 – Indicação da fase pós-consumo no processo B.....	191
Figura 61 – Fluxograma B-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo B (subfluxo B-pos-d).....	192
Figura 62 – Fluxograma B-pos-d: gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares orgânicos.....	194
Figura 63 – Fluxograma B-pos-d1:Compostagem doméstica de resíduos sólidos domiciliares orgânicos.....	195
Figura 64 – Fluxograma md: manejo de resíduos sólidos domiciliares orgânicos.....	196
Figura 65 – Fluxograma B-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo B (subfluxo B-pos-u).....	197
Figura 66 – Fluxograma B-pos-u: gerenciamento de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos.....	199
Figura 67 – Fluxograma mu: manejo de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos.....	200
Figura 68 – Fluxograma B-pos-du: aproveitamento de RSU orgânico na fase pós-consumo.....	202
Figura 69 – Fluxograma B-pos-du1: compostagem em escala municipal de RSU orgânico.	203
Figura 70 – Fluxograma B-pos-du2: aproveitamento de RSU orgânico em processos biológicos.....	204
Figura 71 – Fluxograma B-pos-du3: aproveitamento de RSU orgânico em Processos termoquímicos.....	205
Figura 72 – Indicação da fase pré-consumo no processo T.....	207
Figura 73 – Fluxograma T-pre: detalhamento da fase pré-consumo no processo T.....	209
Figura 74 – Fluxograma T-pre1: proposições para modificação do design do produto.....	211
Figura 75 – Fluxograma T-pre2: proposições para modificação do processo produtivo.....	213
Figura 76 – Fluxograma T-pre2a: gerenciamento de resíduos sólidos inorgânicos do processo produtivo.....	214
Figura 77 – Indicação da fase de consumo no processo T.....	215
Figura 78 – Fluxograma T-cons: detalhamento da fase de consumo no processo T.....	216
Figura 79 – Fluxograma T-cons1: reutilização de produtos por compartilhamento na fase de consumo.....	218

Figura 80 – Fluxograma T-cons2: reutilização de produtos por conservação na fase de consumo.	221
Figura 81 – Fluxograma T-cons3: reutilização de produtos por remanufatura na fase de consumo.....	223
Figura 82 – Indicação da fase pós-consumo no processo T.	224
Figura 83 – Fluxograma T-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo T (subfluxo T-pos-d).....	225
Figura 84 – Fluxograma T-pos-d: gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos.	227
Figura 85 – Fluxograma md: manejo de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos.....	228
Figura 86 – Fluxograma T-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo T (subfluxo T-pos-u).....	229
Figura 87 – Fluxograma T-pos-u: gerenciamento de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos.	231
Figura 88 – Fluxograma mu: manejo de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos.	232
Figura 89 – Fluxograma T-pos-du: aproveitamento de RSU inorgânicos na fase pós-consumo.	234
Figura 90 – Fluxograma T-pos-du1: processos de reciclagem de resíduos sólidos inorgânicos.	235
Figura 91 – Fluxograma R: gerenciamento de rejeitos na fase pós-consumo.	237
Figura 92 – Relação entre: ciclo do desenvolvimento, ciclo dos nutrientes biológicos e ODS.	239
Figura 93 – Relação entre: ciclo do desenvolvimento, ciclo dos nutrientes técnicos e ODS.	240
Figura 94 – Relação entre: PMSB, PMGIRS e o recorte temático.	243
Figura 95 – Etapas do processo de elaboração e implantação do PMGIRS e o recorte temático.	244
Figura 96 – Quartel do Vinte retratado por Tom Maia em 1979.....	250
Figura 97 – Localização do Município de Goiás segundo o IBGE.....	252
Figura 98 – Localização do Município de Goiás segundo o IMB.....	253
Figura 99 – Percurso entre Goiânia e Goiás.....	254
Figura 100 – Principais acessos rodoviários ao Município de Goiás.....	255
Figura 101 – Mapa geológico do Município de Goiás.....	256
Figura 102 – Mapa geomorfológico do Município de Goiás.	258
Figura 103 – Mapa de altimetria do Município de Goiás.....	259

Figura 104 – Mapa de declividade do Município de Goiás.....	260
Figura 105 – Mapa de solos do Município de Goiás.....	261
Figura 106 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solo do Município de Goiás.	262
Figura 107 – Precipitação acumulada mensal (mm) entre 1961-1990.....	264
Figura 108 – Comportamento da temperatura no Município de Goiás entre 1961-1990.....	265
Figura 109 – Umidade relativa do ar média compensada (%), no Município de Goiás entre 1961-1990.....	266
Figura 110 – Mapa dos aspectos climáticos no Município de Goiás, considerando a classificação de Nimer.	267
Figura 111 – Regiões Hidrográficas no Estado de Goiás.....	268
Figura 112 – Mapa das bacias hidrográficas pelo método de Otto Pfastetter do Município de Goiás.....	269
Figura 113 – Mapa dos sistemas de aquíferos do Município de Goiás.	271
Figura 114 – Mapa de susceptibilidade à recarga hídrica e à contaminação das águas subterrâneas no Estado de Goiás.	272
Figura 115 – Mapa dos recursos hídricos do Município de Goiás.....	273
Figura 116 – Mapa da localização geográfica das áreas de disposição final de resíduos sólidos e das bacias de captação de água para abastecimento público, nos municípios da Região Noroeste Goiano.....	275
Figura 117 – Vista panorâmica da Serra Dourada.....	277
Figura 118 – Mapa de uso e ocupação do solo do Município de Goiás.....	280
Figura 119 – Material de divulgação do Caminho de Cora Coralina.....	282
Figura 120 – Localidades do Caminho de Cora Coralina nas proximidade de Goiás.....	282
Figura 121 – Taxa Geométrica de Crescimento do Município de Goiás – 1991-2018.....	283
Figura 122 – Evolução etária da população do Município de Goiás – 1980-2010.	284
Figura 123 – Projeção da população total do Município de Goiás - 2011-2020.....	284
Figura 124 – Situação domiciliar da população do Município de Goiás entre 1980 e 2010..	285
Figura 125 – Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos no Município de Goiás em 2016, em percentuais.....	290
Figura 126 – Utilização de terras no Município de Goiás pelo setor agropecuário em percentuais.....	292
Figura 127 – Processo de gerenciamento de resíduos sólidos de limpeza urbana no Município de Goiás.....	304
Figura 128 – Cenas da empresa Donizette Reciclagem.	307

Figura 129 – Cenas do lixão do Município de Goiás.	311
Figura 130 – Mapa de áreas restritas, sujeitas à anuência e livres para implantação de aterros sanitários na região de planejamento Noroeste Goiano.....	314
Figura 131 – Deposições de RCC nos logradouros públicos no Município de Goiás.	317
Figura 132 – Modelo de gestão de resíduos sólidos convencional no Município de Goiás...	319
Figura 133 – Propostas para confecção de placas educativas.	326
Figura 134 – Enquadramento do Município de Goiás no cenário I.....	329
Figura 135 – Planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.....	340
Figura 136 – Modelo de Transição e sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.	342
Figura 137 – Fluxo dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos na fase pós-consumo (processo B Goiás).....	344
Figura 138 – Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (processo B Goiás).	345
Figura 139 - Destinação de resíduos sólidos domiciliares orgânicos (processo B Goiás).	346
Figura 140 – Fluxo dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos na fase pós-consumo (processo B Goiás).	347
Figura 141 – Aproveitamento de madeira gerada em atividades de poda em Goiânia.	349
Figura 142 – Gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (processo B Goiás).	351
Figura 143 - Destinação de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (processo B Goiás).	352
Figura 144 – Opções para aproveitamento do RSU orgânico (processo B Goiás).	354
Figura 145 – Fluxo dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos na fase pós-consumo (processo T Goiás).....	357
Figura 146 – Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (processo T Goiás).	358
Figura 147 – Imagens do aplicativo Cataki.....	359
Figura 148 - Destinação de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (Processo T Goiás). .	360
Figura 149 – Fluxo dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos na fase pós-consumo (processo T Goiás).....	361
Figura 150 – Gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (processo T Goiás).	362

Figura 151 - Destinação de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (processo T Goiás).	364
Figura 152 – Opções para aproveitamento do RSU inorgânico (processo T Goiás).....	365
Figura 153 – Proposta de compartilhamento de aterro sanitário incluindo o Município de Goiás.	368
Figura 154 – Gerenciamento de rejeitos (processo R Goiás).	370

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo do projeto de pesquisa.	32
Quadro 2 – Perguntas orientadoras da busca avançada.	41
Quadro 3 – Perguntas orientadoras da análise do processo <i>AS IS</i>	48
Quadro 4 – Características físicas dos resíduos sólidos.	56
Quadro 5 – Características químicas dos resíduos sólidos.	57
Quadro 6 – Relação entre a geração de resíduos sólidos, densidade demográfica e nível de renda.	58
Quadro 7 – Processos de transformação utilizados no tratamento de resíduos sólidos.	63
Quadro 8 – Linha do tempo da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).	75
Quadro 9 – PNRS e os princípios da Economia Circular.	81
Quadro 10 – Número de entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos, por natureza jurídica.	87
Quadro 11 – descrição sucinta das etapas componentes do processo de gerenciamento.	93
Quadro 12 – Benefícios da Economia Circular.	119
Quadro 13 – definições para “objeto” e “modelo” segundo Bunge.	139
Quadro 14 – Elementos empregados na codificação dos fluxogramas.	182
Quadro 15 – Legenda dos códigos adotados para os pressupostos da Economia Circular. ...	183
Quadro 16 – Estratégias de design para promover a Economia Circular.	210
Quadro 17 - Precipitação acumulada mensal e anual (mm) no Município de Goiás entre 1961-1990.	263
Quadro 18 – Temperatura mínima (°C), no Município de Goiás entre 1961-1990.	264
Quadro 19 – Temperatura máxima (°C), no Município de Goiás entre 1961-1990.	265
Quadro 20 – Temperatura média compensada (°C), no Município de Goiás entre 1961-1990.	265
Quadro 21 – Umidade relativa do ar média compensada (%), no Município de Goiás entre 1961-1990.	266
Quadro 22 – Espécies do Cerrado encontradas no Município de Goiás.	278
Quadro 23 – Unidades de conservação relacionadas ao Município de Goiás.	281
Quadro 24 – Assentamentos de reforma agrária no Município de Goiás.	286
Quadro 25 – Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos no Município de Goiás em 2016.	289
Quadro 26 – Atividade pecuária no Município de Goiás.	290

Quadro 27 – Utilização de terras no Município de Goiás pelo setor agropecuário.....	291
Quadro 28 – Classificação dos RSS no Município de Goiás.	298
Quadro 29 – Classificação dos resíduos sólidos no Município de Goiás.....	300
Quadro 30 – Prestação dos serviços de limpeza urbana no Município de Goiás.	302
Quadro 31 – Resíduos sólidos recicláveis comercializados por Donizette Reciclagem.	309
Quadro 32 – Critérios para identificação de áreas com aptidão para implantação de aterros sanitários.....	312
Quadro 33 – Percentuais de áreas restritas, sujeitas à anuência e livres para implantação de aterros sanitários na região de planejamento Noroeste Goiano.....	313
Quadro 34 – Gerenciamento dos RSS no Município de Goiás.	315
Quadro 35 – Síntese do gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Goiás.....	318
Quadro 36 – Recursos humanos envolvidos no gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Goiás.	320
Quadro 37 – Indicadores sobre coleta de resíduos sólidos no Município de Goiás.	321
Quadro 38 – Principais instrumentos legais do Município de Goiás relacionados ao Saneamento Básico.	325
Quadro 39 – Avaliação da prestação dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.	328
Quadro 40 – Ações necessárias no Município de Goiás agrupadas por componente de planejamento.....	331
Quadro 41 – Atores, fontes geradoras e planos de resíduos sólidos no Município de Goiás.	338
Quadro 42 – Resíduos sólidos urbanos gerados na fase pós-consumo no Município de Goiás.	339
Quadro 43 – Proposta de compartilhamento de aterro sanitário na Região Noroeste Goiano.	367
Quadro 44 – Cenários de referência considerados para o Estado de Goiás.	372
Quadro 45 – Estimativas de população, taxa de geração per capita e total de RSU em 2015 e 2035.	373
Quadro 46 – Prazos e horizonte temporal para o PMGIRS do Município de Goiás.....	377
Quadro 47 – Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico baseado no Modelo de Transição (fase pré-consumo).	379
Quadro 48 – Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico baseado no Modelo de Transição (fase de consumo).....	380

Quadro 49 – Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico baseado no Modelo de Transição (fase pós-consumo).....	381
Quadro 50 – Plano de Ação para o fluxo de RSU inorgânico baseado no Modelo de Transição (fase pré-consumo).	383
Quadro 51 – Plano de Ação para o fluxo de RSU inorgânico baseado no Modelo de Transição (fase de-consumo).....	384
Quadro 52 – Plano de Ação para o fluxo de RSU inorgânico baseado no Modelo de Transição (fase pós-consumo).....	386
Quadro 53 – Plano de Ação para o aspecto socioambiental da gestão de RSU (fase pós-consumo).	390
Quadro 54 – Plano de Ação para implantação de infraestrutura para o gerenciamento da gestão de RSU (fase pós-consumo).	394

LISTA DE SIGLAS

ABES	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
ABETRE	Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATT	Área de Transbordo e Triagem
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAPS	Centro de Atenção Psicossocial
CEASA/PR	Centrais de Abastecimento do Paraná
CEMAm	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CI	Capacidade de Infiltração
CNI	Confederação Nacional das Indústrias
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CODEMA	Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente
COMURG	Companhia de Urbanismo de Goiânia
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DEINFRA	Departamento de Infraestrutura
DINTER	Doutorado Interinstitucional
DSR	<i>Design Science Research</i>
ELFM	<i>Enhanced Landfill Mining</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FICA	Festival Internacional de vídeo e cinema ambiental
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FUNAPE/UFG	Fundação de Apoio à Pesquisa da Universidade Federal de Goiás
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IFG	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás
IMB	Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos
IML	Instituto Médico Legal
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ISWA	<i>International Solid Waste Association</i>
LEV	Local de Entrega Voluntária
MMA	Ministério do Meio Ambiente
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
OVAT	Organização Vilaboense de Artes e Tradições
PERS	Planos Estaduais de Resíduos Sólidos
PET	Poli (Tereftalato de Etileno)
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PGRS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
PPGEO	Programa de Pós-Graduação em Geografia
PRAD	Plano de Recuperação de área Degradada
PSF	Programa de Saúde da Família
RCC	Resíduos de Construção Civil
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RDO	Resíduos sólidos domiciliares e resíduos comerciais com características similares

RH	Região Hidrográfica
RPU	Resíduos Sólidos Públicos
RSS	Resíduos de Serviço de Saúde
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SANEAGO	Saneamento de Goiás S.A.
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SECIMA	Secretaria de Meio Ambiente, Recursos hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos
SINIR	Sistema de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUS	Sistema Único de Saúde
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
TCA	Termo de Compromisso Ambiental
TED	Termo de Execução Descentralizada
UBS	Unidade Básica de Saúde
UEG	Universidade Estadual de Goiás
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
WTE	<i>Waste-to-Energy</i>

SUMÁRIO

DA CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	30
1 INTRODUÇÃO	31
1.1 O tema, o fato e a teoria.....	33
1.2 O problema da pesquisa.....	34
1.3 A hipótese	35
1.4 Objetivos.....	37
1.5 Justificativa e contribuição da pesquisa.....	37
2 METODOLOGIA.....	39
2.1 O método de trabalho	44
2.2 A proposição do artefato.....	46
2.3 O estudo de caso	49
2.4 Relato da aprendizagem.....	53
DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	54
3 O LIXO NOSSO DE CADA DIA.....	55
3.1 A geração, o destino e a problemática.....	58
3.2 Tratamento e aproveitamento	62
3.3 A gestão: evolução e atualidade	70
3.3.1 O marco legal.....	77
3.3.2 A gestão atual	81
3.3.2.1 O processo de gerenciamento atual	91
3.4 O desafio municipal.....	94
4 ECONOMIA LINEAR x ECONOMIA CIRCULAR	99
4.1 Os limites da Economia Linear	104
4.2 O que é Economia Circular?.....	108

4.2.1	Os princípios da Economia Circular.....	111
4.2.2	Fontes de criação de valor em uma Economia Circular	114
4.2.3	Benefícios da Economia Circular	119
4.3	A disrupção.....	119
4.4	A Cidade Circular.....	122
4.5	A gestão de resíduos sólidos e a Economia Circular.....	129
4.6	Primeiras ponderações.....	136
DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES		138
5 UM MODELO PARA A TRANSIÇÃO		139
5.1	Análise do Modelo Presente	144
5.1.1	Gerenciamento de resíduos sólidos no Modelo Presente	152
5.2	O Modelo de Transição	162
5.2.1	O ciclo dos nutrientes biológicos e o processo B	184
5.2.2	O ciclo dos nutrientes técnicos e o processo T.....	206
5.2.3	O ciclo dos rejeitos	236
5.3	Mais ponderações	238
6 ESTUDO DE CASO		241
6.1	Um pouco da história do Município de Goiás.....	247
6.2	Caracterização do Município de Goiás.....	251
6.2.1	Aspectos físicos e bióticos.....	251
6.2.2	Aspectos antrópicos.....	283
6.3	Diagnóstico: resíduos sólidos no Município de Goiás	295
6.3.1	Classificação e caracterização dos resíduos sólidos.....	295
6.3.2	Gerenciamento de resíduos sólidos	300
6.3.2.1	Resíduos sólidos sujeitos a gerenciamento específico	315
6.3.3	Elementos da gestão de resíduos sólidos.....	319
6.4	Análise da situação dos resíduos sólidos no Município de Goiás	327

6.5	Prognóstico: aplicação do Modelo de Transição no Município de Goiás	336
6.5.1	O ciclo dos nutrientes biológicos e o processo B no Município de Goiás	341
6.5.2	O ciclo dos nutrientes técnicos e o processo T no Município de Goiás	355
6.5.3	O ciclo dos rejeitos no Município de Goiás	366
6.6	Plano de Ação para o Município de Goiás	371
6.6.1	Cenário de referência.....	371
6.6.2	Proposições para o RSU	376
6.7	Últimas ponderações.....	395
DA EXPLICITAÇÃO DA APRENDIZAGEM		398
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		399
REFERÊNCIAS		405



**DO LIXÃO À ECONOMIA CIRCULAR:
UM SALTO POSSÍVEL?**



DA CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1 INTRODUÇÃO

Dentre os dilemas enfrentados pelas cidades ao redor de todo o planeta destaca-se a problemática dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Os problemas relacionados ao RSU podem ser encontrados ao longo de toda a sua cadeia produtiva e de gerenciamento, iniciando-se na sua geração, passando pelo seu descarte, acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento e, chegando ao ápice, na sua disposição final, quando são formados os lixões e aterros, denotando deficiência na gestão da problemática.

Na natureza não existem aterros. Ao invés disso, há fluxos de matéria e energia, onde o resto de um é o alimento de outro. A energia é fornecida pelo sol. Os seres vivos, constituídos de matéria orgânica, após cumprirem um ciclo de existência, morrem e são convertidos em nutrientes, de maneira eficiente e segura, viabilizando a existência dos demais. A espécie humana foge desta regra natural, pois tem um comportamento, segundo o qual, extrai e manufatura recursos naturais, alterando as suas características físicas, químicas e biológicas. Quando entende que não necessita mais de algo, descarta-o. Os humanos são a única espécie no Planeta Terra produzindo continuamente resíduos, que não são processados e absorvidos integralmente nos ciclos naturais de matéria e energia, devido às transformações pelas quais passou a matéria, nos processos de manufatura.

Se por um lado a espécie humana é a única responsável pela geração e acúmulo dos resíduos sólidos, por outro é também a única que pode resolver o dilema. Como? Imitando a natureza! Encarando resíduos como recursos! Fechando ciclos! Abandonando o modelo linear de produção e consumo e adotando um modelo circular, o mais próximo possível do que faz a natureza.

É disto que trata este trabalho. Ele é um esforço, uma reflexão e uma tentativa de contribuir com a estratégia de imitação dos ciclos naturais. Ele é modesto, pois situa-se nos primeiros degraus de uma longa e íngreme escada a ser escalada pela humanidade, na busca pelo equacionamento e harmonização das questões ambientais, postas tal qual um enigma, onde está em jogo a adaptação para a sobrevivência.

Pretendeu-se com esta pesquisa encontrar uma alternativa à gestão clássica de RSU, praticada atualmente. Embora tenha havido, reconhecidamente, uma evolução da gestão e uma real contribuição para o Saneamento Básico, entende-se que chegou o momento de traçar mais uma volta da espiral, tendo como meta a eliminação dos resíduos sólidos. Em consequência disto, dispensar a constituição de novas áreas de disposição final e erradicar as existentes. Isto significa saltar dos lixões e aterros configurados pela Economia Linear para a ciclagem de

materiais delineada pela Economia Circular. Enfim, saltar do resíduo para o recurso. O Quadro 1 apresenta um resumo do projeto de pesquisa que originou este trabalho.

Quadro 1 – Resumo do projeto de pesquisa.

Título: Do lixo à Economia Circular: um salto possível?
Tema: Resíduos Sólidos.
Delimitação do objeto de estudo Resíduos Sólidos; Resíduos Sólidos Urbanos; Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos
Objeto de estudo: Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos.
Fato: Atualmente, todos os esforços são dirigidos, predominantemente, para afastar aquilo que se considera lixo dos espaços humanizados, sem contudo, promover a sua completa eliminação, bem como do que lhe deu causa. Ou seja, o lixo gerado em um município, principalmente nas áreas urbanas, em geral, é coletado e depositado em áreas de disposição final, regulares ou clandestinas, configurando sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos orientados para a disposição final.
Teoria: Economia Circular (Tese: se Economia Circular, então resíduo é igual a zero).
Problema da pesquisa: Considerando a predominância da Economia Linear, como saltar do modelo de gestão de Resíduos Sólidos Urbanos praticado atualmente para um outro baseado na teoria da Economia Circular?
Hipótese da pesquisa: Do lixo à Economia Circular: um salto possível! A gestão de Resíduos Sólidos Urbanos precisa de um novo modelo de referência ¹ , baseado na destinação ao invés da disposição final, específico para funcionar em um cenário de transição da Economia Linear para a Circular.
Objetivo geral: Propor um modelo de referência para a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos, baseado na teoria da Economia Circular, como uma alternativa ao atual modelo.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O trabalho está organizado conforme indicado no sumário. O texto se inicia por esta introdução. A metodologia empregada na pesquisa está descrita no capítulo 2, onde se encontra também um fluxograma demonstrando a sequência de etapas do método de trabalho adotado. A introdução e o capítulo 2 estão agrupados sob o título “Contextualização da pesquisa”.

Em seguida, encontram-se dois capítulos (3 e 4) reunidos sob o título “Fundamentação Teórica”, que reúnem autores e conteúdos relacionados ao tema e à teoria orientadora do trabalho. O capítulo 3 traça um panorama da situação dos resíduos sólidos, apresenta conceitos

¹ Um modelo de referência, no campo do Planejamento e da Gestão, estabelece uma maneira de conduzir ou dirigir uma organização. São padronizados e genéricos. Orientam os tomadores de decisão a respeito de práticas a serem empregadas nas operações e nos processos organizacionais. Um modelo de referência consolida-se a partir daquilo que se considera como as melhores práticas. Eles estabelecem um modo de pensar, abordar e resolver os problemas organizacionais.

e aspectos técnicos e delimita o objeto de estudo: a Gestão de RSU. O capítulo 4 descreve a teoria da “Economia Circular” focando nos seus princípios e fontes de criação de valor; ainda, apresenta a visão das cidades nesse contexto e aponta caminhos para a gestão de RSU.

Sob o título “Resultados e discussões” encontram-se os capítulos 5 e 6. O capítulo 5 atende o objetivo geral do trabalho. Nele foi proposto um novo modelo de referência, baseado na destinação ao invés da disposição final, específico para operar em um cenário de transição da Economia Linear para a Circular, que foi denominado Modelo de Transição. No capítulo 6, este modelo foi aplicado em um estudo de caso realizado no Município de Goiás (Goiás, Brasil). Nele, observou-se a aplicabilidade do Modelo de Transição no Planejamento e na Gestão Ambiental municipal, bem como as suas limitações.

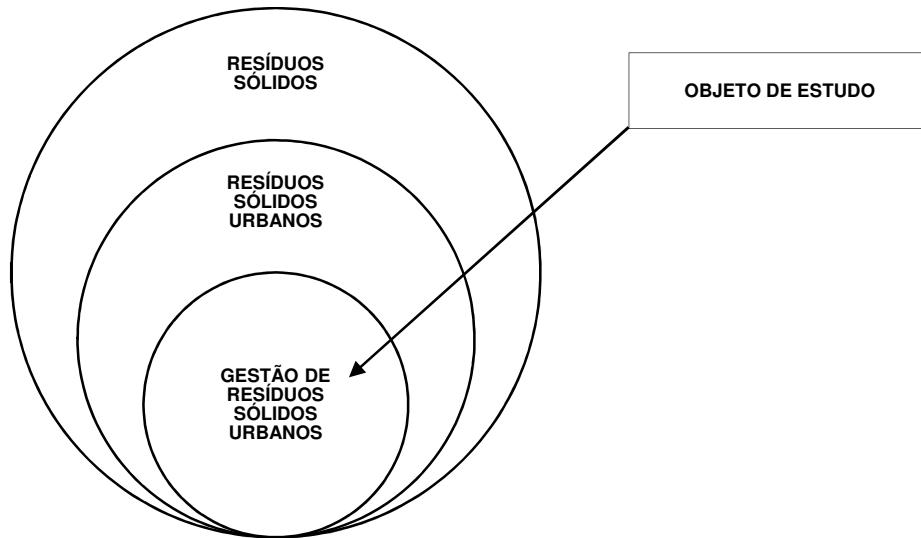
Este trabalho se encerra apontando as possibilidades e limitações do modelo proposto, bem como o horizonte para futuras pesquisas, no espaço reservado às considerações finais, no capítulo 7.

1.1 O tema, o fato e a teoria

O tema central da tese surgiu de uma inquietação relacionada à questão dos RSU no Brasil. Certa vez, no último dia de aula da disciplina “Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos”, após sessenta horas de curso, onde se apresentou todo o conteúdo programático aceito acadêmica e tecnicamente para o assunto em tela, um aluno afirmou que concluía a disciplina com a sensação de que, nos municípios brasileiros, nada mais se fazia além de recolher o lixo espalhado pela cidade e depositá-lo em um único lugar, sem resolver o problema. Apesar da simplicidade da afirmação, reconheceu-se que havia nela certo nível de verdade. **Entende-se que, tal qual está organizada a gestão de RSU atualmente, todos os esforços são dirigidos, predominantemente, para afastar aquilo que se considera lixo dos espaços humanizados, sem contudo, promover a sua completa eliminação, bem como do que lhe deu causa.** A solução da problemática dos resíduos sólidos requer atuação nos aspectos a eles relacionados e não somente nos impactos deles decorrentes.

A inquietação deu lugar à reflexão e à subsequente investigação. Na busca por opções que se contrapusessem ao fato observado empiricamente surgiu a teoria da “Economia Circular” que, segundo a literatura consultada, pode promover uma mudança do paradigma econômico, o que teria implicações diretas no metabolismo dos sistemas urbano-industriais, principalmente no que se refere à geração de resíduos sólidos. Uma das teses defendidas pelos seus autores é a de que na Economia Circular não há resíduos, porque tudo é aproveitável. A Figura 1 apresenta a delimitação do objeto de estudo.

Figura 1 – Delimitação do objeto de estudo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

1.2 O problema da pesquisa

Resumidamente, a economia mundial, bem como os seus sistemas urbano-industriais, tal qual está organizada, caminha rumo à ruptura e colapso do sistema. À tese do crescimento ilimitado e descontrolado deve suceder a tese do Desenvolvimento Sustentável, o que exige um novo paradigma econômico, estabelecido em função dos princípios ecológicos e capaz de entregar benefícios a todos. Assim sendo, é preciso adotar uma nova abordagem para o desenvolvimento econômico dos países e dos seus sistemas urbano-industriais, que incorpore a dimensão ambiental no planejamento, na gestão e na tomada de decisões.

A Economia Circular se apresenta como uma dessas novas abordagens. Embora a sua aplicação ainda seja incipiente no Brasil, acredita-se que é preciso tentar outro caminho e descobrir como ela pode contribuir para a melhoria das relações entre a necessidade do crescimento econômico e a preservação dos recursos naturais.

De um lado, a revisão da literatura apresentou o conceito, a perspectiva, os princípios, as fontes de criação de valor e os benefícios da Economia Circular. Trata-se de uma ideia radical, onde cadeias inteiras de produção precisam ser revistas e transformadas, alterando o design e a fabricação de produtos. Embora em curso, a transição para a Economia Circular será lenta e há muito resíduo, tanto em circulação quanto acumulado em todo o planeta, o que não é diferente nas cidades brasileiras. Assim, há uma questão prática a ser resolvida, requerendo soluções ainda que transitórias.

De outro lado, a observação empírica, confirmada por informações e dados disponíveis, revela nos municípios brasileiros o seguinte cenário: apesar da crescente escassez e encarecimento de insumos e matérias-primas e da noção de que os materiais destinados ao lixo podem ser fonte de riqueza, gera-se cada vez mais resíduos, que precisam ser manejados, processados, tratados e depositados em algum lugar dos municípios, configurando um modelo de gestão linear, orientado para a disposição final, seja ela regular ou clandestina. Mais da metade dos municípios brasileiros possui lixão e a recuperação destas áreas é difícil e dispendiosa. Os processos de tratamento de resíduos sólidos são caros e também causam impactos ambientais. Os espaços propícios para a construção de aterros sanitários são limitados. Os recursos para a sua implantação são escassos e os custos de operação, além de altos, poderiam ser aplicados em outras áreas de interesse público, como a Saúde, a Educação e a Segurança Pública. Ainda, aterros sanitários, embora tecnicamente corretos, são passivos ambientais.

Em suma, a eliminação total da geração de resíduos sólidos é diretamente dependente da superação do paradigma econômico vigente. E, no que se refere à gestão de RSU, o modelo de referência atual está muito distante das configurações circulares.

Daí a pergunta: considerando a predominância da Economia Linear, como saltar do modelo de gestão de RSU praticado atualmente para um outro baseado na teoria da Economia Circular?

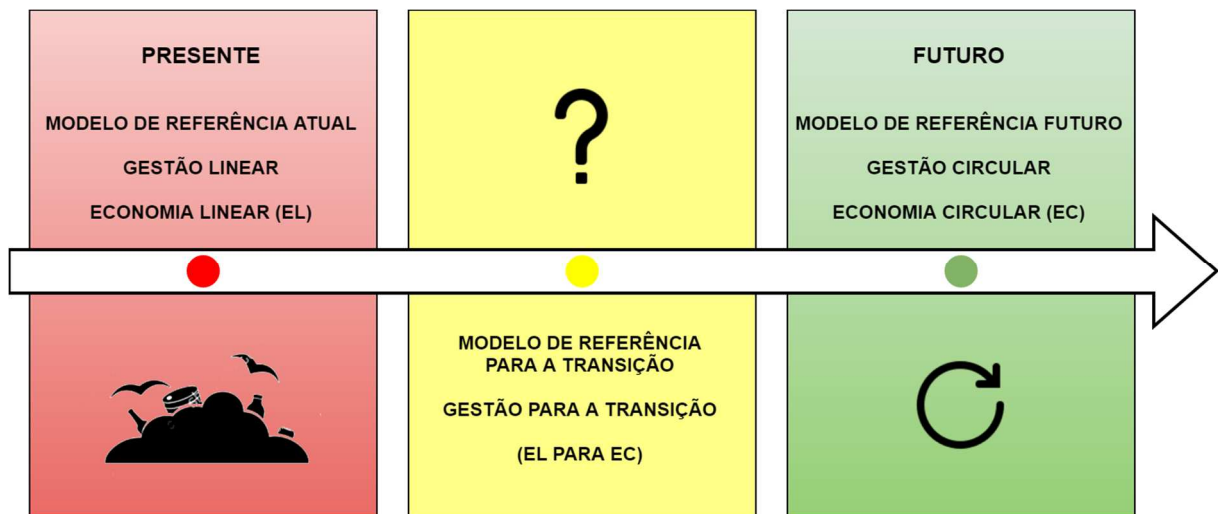
1.3 A hipótese

Com base na leitura e análise dos casos apresentados na literatura referente à Economia Circular, acredita-se que a mudança do paradigma econômico não só é possível, como já está em curso. Entretanto, demandará um longo período de transição.

Ocorre que os municípios não devem e não podem esperar a conclusão desta transição para responder às questões referentes ao Saneamento Básico. Ressalta-se que as questões relativas à componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, além de se constituírem por si só em um caso de difícil solução, ainda apresentam interface de interação com as demais componentes do Saneamento Básico, agravando-as.

Logo, partindo do pressuposto de que a transição para a Economia Circular demandará um intervalo de tempo relativamente longo, é coerente imaginar que os municípios brasileiros necessitarão de uma estratégia para atravessar o período de transição e, ao mesmo tempo, contribuir com ela. Mas, qual seria esta estratégia? Observe a Figura 2.

Figura 2 – Transição da Economia Linear para a Circular segundo uma linha do tempo.



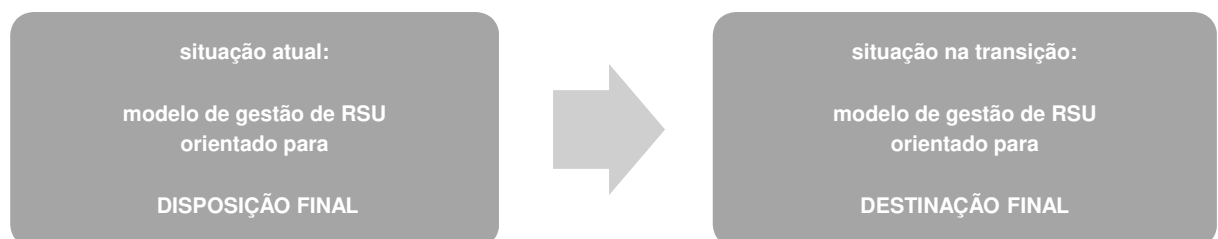
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Raciocinando segundo uma linha do tempo, na extremidade esquerda da Figura 2, marco do momento presente, encontra-se o modelo de referência para a gestão de RSU adotado na atualidade, fruto de uma evolução orientada pela Economia linear. Na extremidade direita está o horizonte futuro, onde a Economia Circular será uma realidade e, ou os resíduos tenderão a zero, ou serão igual a zero. Acontece que entre uma extremidade e a outra há um vácuo a ser preenchido. Este é o espaço e o tempo da transição da Economia Linear para a Circular.

Daí a hipótese: a gestão de RSU precisa de um novo modelo de referência, baseado na destinação ao invés da disposição final, específico para funcionar em um cenário de transição da Economia Linear para a Circular.

A Figura 3 ilustra a ideia contida na hipótese.

Figura 3 – Evolução do modelo de referência na transição da Economia Linear para a Circular.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

1.4 Objetivos

Este trabalho teve como objetivo geral:

Propor um modelo de referência para a gestão de RSU, baseado na teoria da Economia Circular, como uma alternativa ao atual modelo.

Para alcançar o objetivo geral foram cumpridos os seguintes objetivos específicos:

- a) realizar uma pesquisa exploratória para compor uma fundamentação teórica;
- b) propor um artefato supostamente capaz de atender o objetivo geral a partir das informações coletadas na pesquisa exploratória;
- c) avaliar o artefato proposto por meio de um estudo de caso ser realizado no Município de Goiás, para verificar a sua aplicabilidade à gestão de RSU;
- d) explicitar as heurísticas contingenciais do artefato proposto;
- e) fornecer subsídios para o planejamento da gestão de RSU, em um cenário de transição entre a Economia Linear e a Economia Circular.

1.5 Justificativa e contribuição da pesquisa

Além da importância das questões referentes à sustentabilidade ambiental, econômica e social, as razões específicas para o desenvolvimento do presente estudo foram assim elencadas:

- a) a urgência relacionada ao aproveitamento de materiais e à racionalização do uso de energia em todo o planeta não é somente um tema ambiental, mas um imperativo econômico de sobrevivência;
- b) as relações de produção e comércio estão cada vez mais globalizadas, o que implica em uma necessidade de disseminar a teoria da Economia Circular. No Brasil, existem muitas lacunas a serem preenchidas por pesquisas sobre esta temática;
- c) é preciso desvincular a produção de riqueza da geração de lixo. Lidar com resíduos é atitude errada. É necessário aproximar-se cada vez mais de metas de resíduo zero. Para tanto, novos modelos de referência são requeridos, ainda que contemplem fases transitórias;
- d) a Gestão Ambiental pública precisa incluir mecanismos que estimulem os fabricantes e os consumidores a usar menos materiais e menos energia; ainda, que propiciem à

sociedade maiores oportunidades de transformar lixo em riqueza. É fundamental também que se estabeleça claramente a responsabilidade de cada ator social;

- e) no que se refere à gestão e ao gerenciamento de resíduos sólidos, o foco de preocupação dos planejadores e gestores, tem que se deslocar do manejo e disposição final para a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e a recuperação de energia nesta ordem de prioridades.

Como contribuição da pesquisa espera-se, além de produzir e disseminar conhecimento, ofertar aos municípios brasileiros, carentes de recursos os mais diversos, um modelo de referência que, uma vez adotado, pode viabilizar a transição para a Economia Circular na medida em que fornece subsídios para a realização do planejamento, da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos. Pretende-se ainda, que este modelo de referência se contraponha ao modelo linear existente, no qual a destinação dos RSU para lixões e aterros sanitários exclui preciosas possibilidades de racionalização de recursos, de valorização de resíduos, de geração de riqueza e postos de trabalho.

2 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o caminho percorrido para a realização deste trabalho. Apresenta a classificação da pesquisa, o paradigma epistemológico, os métodos científicos, o método de trabalho, as técnicas e as ferramentas empregadas.

Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 15-16), o ponto de partida para a realização de uma pesquisa envolve uma razão, uma causa instigadora de uma investigação. Essa razão pode estar relacionada ao desejo de compartilhar informações, de responder questões importantes, de conhecer ou aprofundar um determinado tema ou fenômeno e, ainda, ao encontro de uma lacuna na literatura pertinente a algum tema específico.

A gênese da presente pesquisa está na observação de uma realidade vivenciada pela autora desde 2004, no trato das questões relativas ao Saneamento Básico, particularmente da componente denominada “limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos”. O fato motivador da pesquisa, exposto na Introdução e evidenciado no Quadro 1, foi notado mais de uma vez em diferentes situações e contextos, provocou reflexão e despertou o desejo de encontrar uma solução para o problema observado. Porém, ciente de que uma solução ótima seria improvável no presente, buscou-se uma solução satisfatória, até que uma outra compatível com circunstâncias futuras venha para substituí-la. Assim, foram definidos e delimitados o tema e o objeto de estudo.

Em seguida, foi realizada uma pesquisa exploratória (GIL, 2008, p. 27-28). Ela se iniciou com buscas sem um direcionamento preciso, por meio da ferramenta Google, utilizando combinações de palavras-chave, tais como: “resíduos sólidos no mundo”; “resíduos sólidos no Brasil”; “gestão de resíduos sólidos”; “resíduos sólidos e economia”.

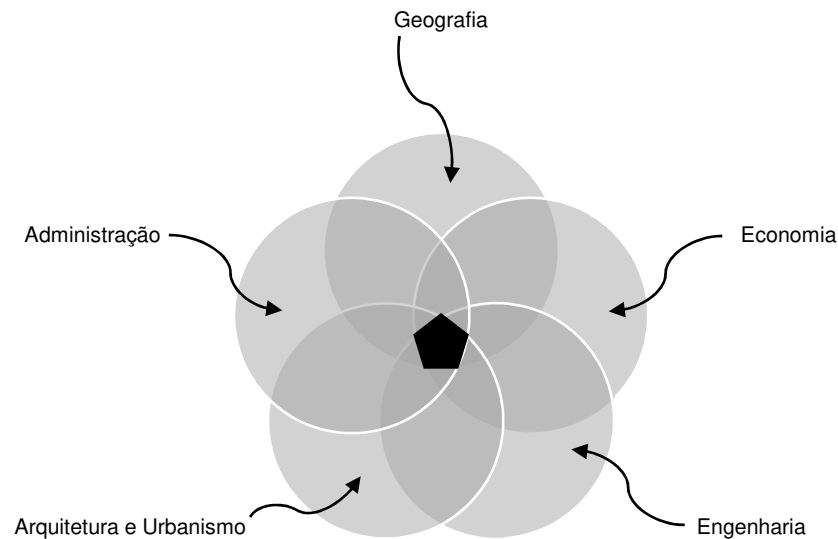
Quando a busca preliminar foi suficiente para formar um panorama geral, foi feita a leitura e a análise dos textos e das informações obtidas (MARCONI e LAKATOS, 2016, p. 1-25).

Tão logo alguns tópicos e autores se destacaram na análise do material coletado, percebeu-se que a fundamentação teórica deste trabalho perpassaria por diferentes áreas do conhecimento², a saber: Geografia, Economia, Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Administração. Considerando que o recorte temático está localizado em uma interseção de

² Os conceitos de Áreas de Conhecimento e Campos de Saber estão contidos no Parecer CNE/CES nº 968/98, homologado em 22 de dezembro de 1998 (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1998).

campos do saber³, foi preciso procurar elementos nas áreas citadas com o intuito de compreender, para além dos tópicos encontrados, a relação existente entre eles (Figura 4).

Figura 4 – Interseção entre as áreas do conhecimento e os campos do saber.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir do Parecer CNE/CES nº 968, de 22 de dezembro de 1998 (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1998).

Isto se deve ao fato de que a natureza e seus fenômenos não são segmentados. O ambiente construído, tampouco. Não é possível compreender o todo na sua totalidade apenas pelo estudo e domínio de suas partes isoladas. É preciso apreender o funcionamento do sistema e, para tanto, o estudo das suas partes se presta a descobrir as relações existentes entre elas no interior do sistema e delas com o exterior do sistema. É mister estabelecer pontes entre os saberes para possibilitar o surgimento de novas ideias, construções e atitudes. A Análise, o Planejamento e a Gestão Ambiental requerem pensamento sistêmico (SENGE, 2005).

Reconhece-se que haveria muito mais a ser pesquisado, caso se pretendesse esgotar todas as possibilidades. Entretanto, como não é o caso, a investigação se restringiu à região de sobreposição das áreas do conhecimento referidas na Figura 4, destacada na cor amarela, onde se percebeu uma integração dos conteúdos naquilo que se relacionava à gestão de RSU, e culminou na formalização do problema da pesquisa, exigindo outra investigação, porém agora mais focada e direcionada.

³ Um campo de saber é um recorte específico de uma área do conhecimento, ou de suas aplicações, ou de uma área técnica profissional ou, ainda, uma articulação de elementos de uma ou mais destas possibilidades citadas (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1998).

Assim sendo, neste momento e em função dos achados na investigação preliminar, foram elaboradas três perguntas para orientar uma busca avançada, através de pesquisa bibliográfica (MARCONI e LAKATOS, 2016, p. 26-56). As perguntas orientadoras desta busca estão listadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Perguntas orientadoras da busca avançada.

Q1	O que é Economia Circular?
Q2	Como seriam as cidades no contexto da Economia Circular?
Q3	Especificamente, como seria a gestão dos RSU nas cidades da Economia Circular?

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

As buscas foram deslocadas para o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Outras combinações de palavras-chave, em português e em inglês, foram empregadas: “resíduos sólidos urbanos”; “modelo de gestão”; “economia linear”; “economia circular”; “*urban solid waste*”; “*management model*”; “*linear economy*”; “*circular economy*”; “*waste management system*”; “*waste management process*”; “*business process management*”.

Tendo em vista uma preocupação com os critérios de originalidade e ineditismo do tema realizou-se uma busca no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES com a palavra-chave “Economia Circular”. Foram obtidos 31 resultados entre 2006 e 2018, sendo 13 teses de doutorado e 11 dissertações de mestrado. Dentre estes trabalhos, nenhum abordou o objeto de estudo ou teve o mesmo objetivo geral da presente pesquisa.

Para o exame dos resultados obtidos no Portal de Periódicos e no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foram empregados os mesmos procedimentos técnicos adotados na investigação preliminar, ou seja, a leitura seguida de análise dos textos e das informações obtidas (MARCONI e LAKATOS, 2016, p. 1-25).

Ainda no âmbito da pesquisa bibliográfica, foram identificados e listados os autores, os pesquisadores e as organizações mais significativas no contexto deste trabalho, segundo as áreas de conhecimento apontadas na Figura 4. Esta seleção orientou a busca em periódicos, tanto impressos quanto eletrônicos, e em livros (próprios e de bibliotecas físicas).

Textos produzidos por entidades privadas e governamentais, disponibilizados em meio eletrônico, também foram consultados. No que se refere especificamente à teoria da Economia Circular, destacam-se as publicações eletrônicas disponibilizadas na página da Fundação Ellen MacArthur (livros e relatórios). Outras fontes de busca foram as listas de referências

bibliográficas, encontradas nas publicações examinadas, que forneceram indicações valiosas de outros estudos, nos quais elas se basearam.

Ao concluir a pesquisa bibliográfica, o material analisado foi empregado na composição da fundamentação teórica do trabalho. Foram redigidos dois capítulos: um sobre Resíduos Sólidos (3) e outro sobre Economia Circular (4).

Neste contexto, foi vislumbrada uma possível solução para o problema da pesquisa, o que permitiu a formulação de uma hipótese baseada no conhecimento obtido nas fontes examinadas.

A delimitação do objeto de estudo deste trabalho, bem como a hipótese formulada, apontaram para a área de gestão. Logo, esta é a classe de problemas neste trabalho.

A pesquisa na área de gestão deve promover uma aproximação entre a teoria e a prática para gerar conhecimentos aplicáveis, melhorar o desempenho dos sistemas existentes, ou criar novos sistemas. Além de explorar, descrever e explicar certo problema ou fenômeno, a pesquisa na área de gestão deve se ocupar também do desenvolvimento de propostas para solucioná-los (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 1-3). Desta forma, “o resultado esperado para uma pesquisa pode ser prescrever uma solução ou projetar um artefato” (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 124).

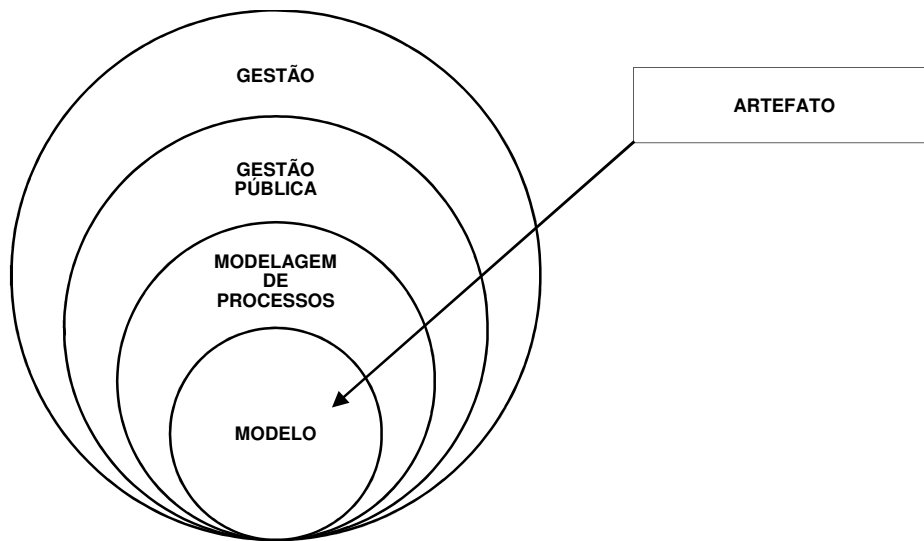
Artefato pode ser conceituado como algo concebido artificialmente pelo homem para responder a demandas existentes, mas que se submete às leis naturais, regidas pela ciência tradicional. Um artefato pode ser entendido como “a organização dos componentes do ambiente interno para atingir objetivos em um determinado ambiente externo” (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 107-108).

Quanto à tipologia, os artefatos podem ser: constructos, modelos, métodos, instâncias e *design propositions* (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 124).

Tendo em vista a hipótese formulada e a configuração da classe de problemas, considerou-se que o tipo de artefato capaz de oferecer uma solução satisfatória seria o modelo. A Figura 5 destaca o artefato e estabelece a sua relação com a classe de problemas.

Resumindo, o presente trabalho concentra-se na área de gestão, com um recorte temático na modelagem e melhoria de processos na Gestão Ambiental pública, o que está em conformidade tanto com a Área de Concentração (Geografia e Gestão do Território), quanto com a Linha de pesquisa (Análise, Planejamento e Gestão Ambiental) no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO).

Figura 5 – Relação do artefato com a sua classe de problemas.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Os modelos são representações da realidade. Assim sendo podem ser usados tanto para descrever a gestão clássica de RSU, quanto para projetar uma alternativa. Podem ser considerados também como uma descrição de como as coisas são e se comportam ou, ainda, como deveriam ser. Um modelo precisa capturar a estrutura geral da realidade, buscando assegurar a sua utilidade (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 112).

Identificado o tipo de artefato, buscou-se informações e ferramentas para subsidiar a construção do modelo. A leitura e o estudo de um texto de Bunge (1974) permitiu formar um entendimento mais aprofundado a respeito do que vem a ser um “modelo”, enquanto o trabalho de Echenique (1975) ensinou como são classificados os modelos, principalmente aqueles projetados para serem aplicados no planejamento urbano. O enquadramento do modelo proposto neste trabalho, segundo os ensinamentos destes autores, encontra-se na introdução do capítulo 5.

Assim sendo, foi estabelecido o objetivo geral desta pesquisa, segundo o qual deveria ser proposto um modelo de referência para a gestão de RSU, baseado na teoria da Economia Circular, como uma alternativa ao atual modelo e, desta maneira contribuir para a transição da Economia Linear para a Circular, dando assim o salto referido no título deste trabalho.

Uma vez definido o objetivo geral, bem como os específicos, o próximo passo foi identificar o método científico, o método de pesquisa e o método de trabalho, abordados na seção seguinte.

2.1 O método de trabalho

O objetivo geral deste trabalho apontou para o desenvolvimento de um artefato para solucionar uma questão atual, a partir do estudo de conceitos e fundamentos estabelecidos. Portanto, trata-se de uma pesquisa aplicada, que tem forte relação com o paradigma epistemológico da *Design Science*, a ciência do artificial. O sentido do termo *design* é explicado por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 51):

Design significa realizar mudanças em um determinado sistema a fim de transformar as situações em busca da sua melhoria. A mudança é feita pelo homem, que, para tanto, aplica o conhecimento para criar, isto é, desenvolver artefatos que ainda não existem.

Para operacionalizar os conceitos da *Design Science* e garantir que sejam utilizados com rigor, emprega-se um método de pesquisa denominado *Design Science Research* (DSR). O DSR procura reduzir a distância entre a teoria e a prática, porém observando o rigor necessário para garantir a confiabilidade dos resultados da pesquisa. Os objetivos das pesquisas que adotam a DSR podem ser: projetar e construir artefatos; prescrever soluções; estudar, pesquisar e investigar o artificial e o seu comportamento (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 71).

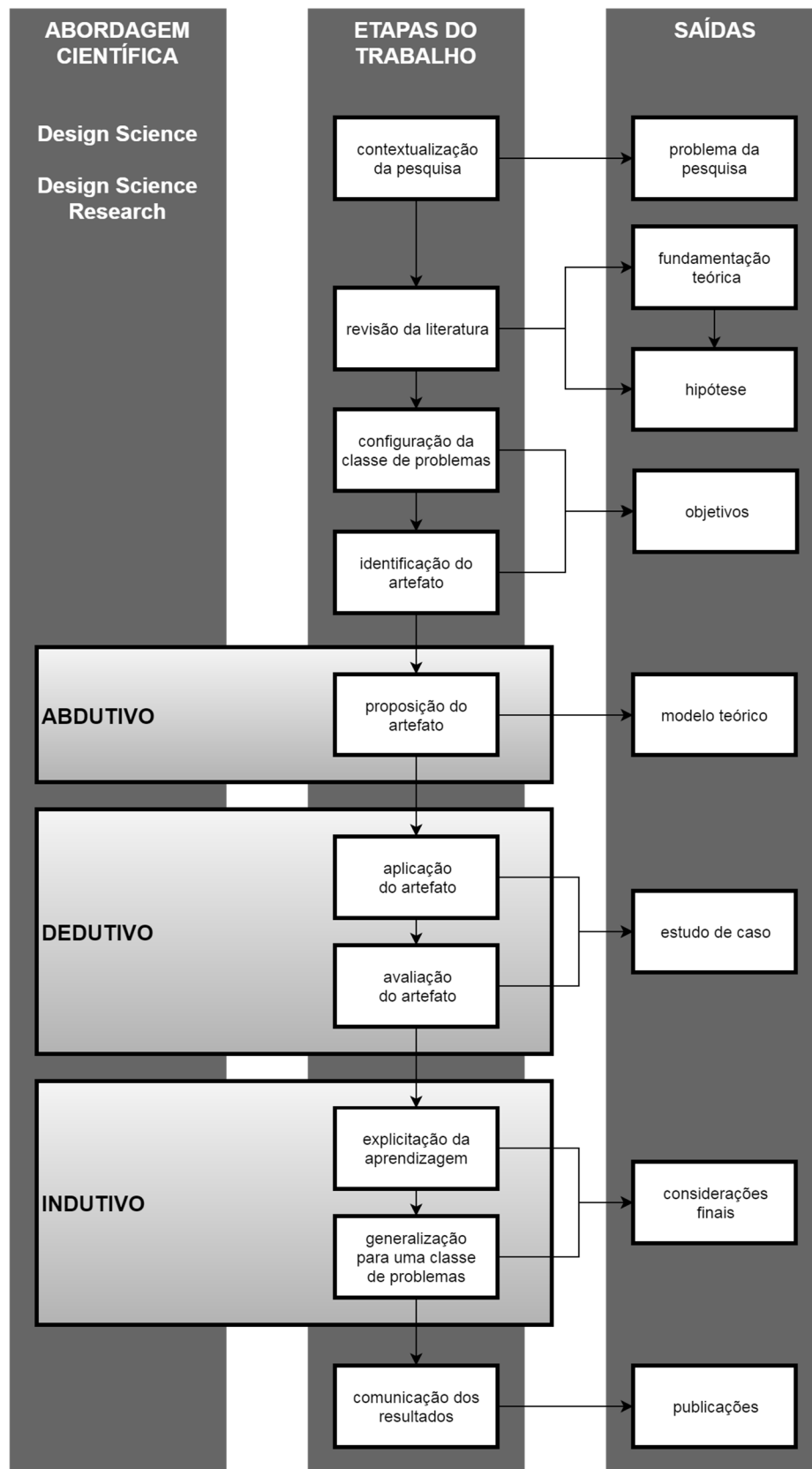
Independentemente do paradigma epistemológico, toda pesquisa deve ser conduzida a partir dos fundamentos dos métodos científicos, que são uma perspectiva ou premissa sobre como o conhecimento é construído (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 17).

Neste trabalho foram aplicados, dependendo da etapa definida pelo método de trabalho, três deles: indutivo, dedutivo; e abduutivo. A respeito deste último, Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 62) esclarecem que “consiste em estudar fatos e propor uma teoria para explicá-los”. Logo, “a abdução é um processo de criar hipóteses explicativas para determinado fenômeno/situação”.

Sendo a abdução um processo criativo que permite a introdução de uma nova ideia, se a etapa do método de trabalho que está sendo desenvolvida em um dado momento da pesquisa exigir atividades e raciocínio criativos, a aplicação do método abduutivo é adequada (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 63).

A Figura 6 apresenta esquematicamente o método de trabalho, demonstrando uma sequência de etapas, por meio de um fluxograma. À esquerda, está o método científico empregado em cada uma das etapas. À direita, as saídas resultantes da execução de cada etapa.

Figura 6 – Método de trabalho.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 123-140).

2.2 A proposição do artefato

Uma vez concluída a pesquisa exploratória e formado o referencial teórico conceitual, foi estabelecida uma comparação entre os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos predominantes nos municípios brasileiros, descritos na literatura técnica, e os pressupostos da Economia Circular. Constatou-se o fato observado empiricamente, ou seja, estes sistemas são orientados por um modelo de referência, cujo processo de gerenciamento culmina na disposição final. E não há como ser diferente, visto que a gestão não atua nos aspectos da problemática, mas nos seus impactos. Portanto, é um modelo de referência linear.

Em se tratando de metas de eliminação de resíduos o caminho correto a seguir seria extinguir a gênese da questão, ou seja, o modelo linear segundo o qual se estrutura o sistema econômico. Em tese, se o sistema econômico fosse estruturado segundo um modelo circular, então não haveria resíduos. Assim, uma mudança no paradigma econômico é requerida para que se elimine definitivamente os resíduos nos sistemas urbano-industriais.

Sabe-se que, embora seja este o cenário futuro, ele ainda está muito distante da realidade presente e os municípios precisam resolver a problemática dos RSU.

Ainda que os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos atuais não promovam a eliminação completa dos RSU, eles não podem simplesmente ser abandonados sob pena de se estabelecer o caos sanitário no espaço urbano e adjacências. Assim sendo, não se trata de extingui-los, mas de promover melhorias.

Entretanto, percebeu-se que um novo modelo de referência poderia ser configurado, incorporando os pressupostos da Economia Circular, a fim de subsidiar o planejamento e a concepção de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos nos municípios brasileiros, condizentes com um cenário de transição entre a Economia Linear e a Circular. Para tanto, seria preciso projetar adaptações no modelo de referência atual, de maneira que ele pudesse ser inserido em um ciclo de melhoria contínua, até que se alcançasse o estágio da Economia Circular e ele não fosse mais necessário ou evoluísse para algo superior.

Os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos predominantes nos municípios brasileiros são compostos por gestão e gerenciamento, sendo que este último se constitui de um processo. Entende-se processo como um conjunto de atividades e tarefas interligadas logicamente, que utilizam recursos de uma determinada organização, para gerar resultados alinhados a um objetivo organizacional específico.

A gestão só será bem sucedida se o processo de gerenciamento for concebido, implantado e operado em consonância com aquilo que se pretende atingir. Não basta adaptar os objetivos, as diretrizes e as estratégias de gestão para fazer frente a uma nova realidade. É

preciso alterar o gerenciamento e isso só se faz alterando processos. Sem conhecer os processos de uma organização é praticamente impossível promover melhorias.

Tanto para conhecer um processo quanto para alterá-lo pode-se empregar a Gestão por Processos ou *Business Process Management* (BPM), uma abordagem sistemática de gestão, onde se visualiza o processo. Através do BPM é possível trazer à tona o processo e tudo o que a ele se relaciona: fases, etapas, atividades e fluxos. Assim, é possível sistematizar processos organizacionais, desde os mais simples aos mais complexos, e realizar melhorias. A Gestão por Processos baseia-se em nove áreas do conhecimento: Gerenciamento de Processos de Negócio; Modelagem de Processos; Análise de Processos; Desenho de Processos; Gerenciamento de Desempenho de Processos; Transformação de Processos; Organização do Gerenciamento de Processos; Gerenciamento Corporativo de Processos; Tecnologias de BPM (ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS, 2013).

Neste trabalho empregou-se: Análise de Processos, Desenho de Processos e Modelagem de Processos. Esta última é uma técnica onde o processo é representado graficamente do início ao fim, utilizando diagramas, para possibilitar o seu entendimento e a sua descrição. Ela pode ser aplicada para representar tanto a situação atual, quanto a situação futura de um determinado processo.

Na modelagem dos processos foram utilizadas duas abordagens: (I) *Bottom up* – modelagem de baixo para cima, onde é preciso entender os detalhes para alcançar a visão macro do processo. Esta abordagem foi bastante utilizada na análise do modelo de referência adotado no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos atualmente; e (II) *Top down* – modelagem de cima para baixo, onde é preciso ter a visão macro para depois detalhar o processo. Esta abordagem foi empregada no desenho dos processos, onde foi preciso simplificar e esquematizar conteúdos relativamente complexos através de fluxogramas.

Para a representação gráfica dos processos foi utilizado o software *Draw.io*, um aplicativo de diagramação gratuito e de fácil manuseio. A notação escolhida para padronizar os desenhos foi a *Business Process Model and Notation* (BPMN). Em muitas figuras foram utilizados ícones que também são disponibilizados gratuitamente por Icons8 (2019).

A proposição do artefato implicou em:

- a) identificar e analisar o atual modelo de referência (Modelo Presente);
- b) analisar o processo de gerenciamento do Modelo Presente (processo *AS IS*);
- c) desenvolver alternativas de solução para os problemas do processo *AS IS* na perspectiva da Economia Circular;

- d) caracterizar o modelo proposto (Modelo de Transição);
- e) modelar o processo de gerenciamento do Modelo de Transição (processo *TO BE*).

O procedimento técnico empregado na análise do processo *AS IS* foi a observação direta de uma situação típica encontrada nos municípios brasileiros (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015, p. 35). A modelagem do processo *TO BE*, por sua vez, foi feita a partir dos resultados da análise do processo *AS IS*.

A observação direta mostrou que o processo *AS IS* está estruturado em etapas. Cada uma delas foi construída em função da evolução do modelo de referência, sem a possibilidade de antever até onde chegaria a ciência. Considerou-se, no entanto, que o conhecimento técnico-científico relacionado à temática, embora não tenha chegado a um ponto final, avançou bastante a ponto de permitir modificar ou eliminar etapas deste processo.

A análise do processo *AS IS* foi orientada por perguntas secundárias, a partir de um enunciado comum a todas elas (Q4), conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Perguntas orientadoras da análise do processo *AS IS*.

Q4.	Considerando e comparando: (I) o processo <i>AS IS</i>, que foi concebido, estruturado e implantado nos moldes da Economia Linear; e (II) a perspectiva apresentada pela Economia Circular, pergunta-se:
a)	É possível modificar etapas do processo <i>AS IS</i> para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser modificadas e como?
b)	É possível acrescentar etapas no processo <i>AS IS</i> para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser acrescentadas e como?
c)	É possível eliminar etapas do processo <i>AS IS</i> para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser eliminadas e como?
d)	É possível promover a completa eliminação dos resíduos sólidos e, desta maneira, dispensar e erradicar as áreas de disposição final? Caso sim, como?
e)	É necessário estabelecer etapas transitórias? Se sim, quais?
f)	Quais etapas do pensamento atual precisariam ser vencidas para promover a evolução dos atuais sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos?
g)	Como atingir a Economia Circular na prática, em nível local?

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Concluída a análise do processo de gerenciamento do Modelo Presente (processo *AS IS*), os resultados e alternativas encontrados subsidiaram a proposição do Modelo de Transição, bem como a modelagem do seu processo de gerenciamento (processo *TO BE*). A descrição do Modelo de Transição encontra-se no capítulo 5.

2.3 O estudo de caso

Prosseguindo de acordo com o estabelecido pelo método de trabalho (Figura 6), o comportamento do Modelo de Transição (artefato proposto) foi examinado à luz da realidade cotidiana para verificar a sua aplicabilidade, ou seja, verificar o seu comportamento quando utilizado como solução de problemas reais.

Para tanto, optou-se pela avaliação do Modelo de Transição através de um estudo de caso que, segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 23), “é uma pesquisa empírica que busca melhor compreender um fenômeno contemporâneo, normalmente complexo, no seu contexto real”.

Yin (2001, p. 42) e Gil (2017, p. 117) ensinam que é preciso estabelecer previamente um conjunto de procedimentos para a condução do estudo de caso. Ambos apresentam sequências de etapas, como propostas para o delineamento⁴ deste tipo de pesquisa, porém ressaltam que esse planejamento pode ser flexível e que, frequentemente, o que foi desenvolvido em uma etapa determina alterações na seguinte.

Neste trabalho, foi estabelecida como etapa inicial, a escolha de uma unidade-caso (GIL, 2017, p. 118-119). Tendo em vista os propósitos da pesquisa, observou-se três critérios de escolha, comentados a seguir.

O primeiro: a unidade-caso deveria ser um município com população estimada em torno de 20.000 habitantes, visto que a maior parte dos municípios brasileiros (68,4%) está neste grupo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018a).

O sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos da unidade-caso deveria ser representativo do modelo de referência adotado pelos municípios brasileiros atualmente, no qual os fluxos de resíduos sólidos no processo de gerenciamento são direcionados para a disposição final. Este foi o segundo critério de escolha.

Seria importante também que a administração pública municipal possibilitasse o acesso a dados e informações a respeito do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos, o que determinou o terceiro critério de escolha.

A unidade-caso escolhida foi o Município de Goiás. Ele está localizado na Região Centro-Oeste do Brasil, no Estado de Goiás (Figura 7). Após a figura, apresenta-se a justificativa desta escolha relacionando-a aos critérios estabelecidos acima.

⁴ Por delineamento entende-se “o planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, que envolve os fundamentos metodológicos, a definição dos objetivos, o ambiente da pesquisa e a determinação das técnicas de coleta e análise de dados. Assim, o delineamento da pesquisa expressa tanto a ideia de modelo quanto a de plano” (GIL, 2017, p. 29).

Figura 7 – Localização do Município de Goiás.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

A população estimada do Município de Goiás era de 22.916 pessoas em 2018, o que atendeu ao primeiro critério estabelecido para a escolha da unidade-caso.

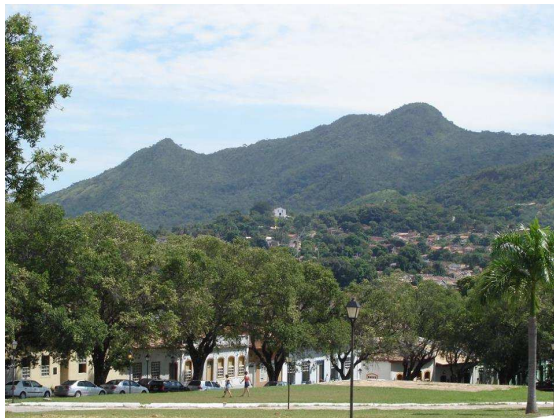
O processo de gerenciamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás é orientado para a disposição final, portanto, o segundo critério de escolha foi atendido. É importante ressaltar que o município não possui aterro sanitário e está enfrentando uma situação muito preocupante, porque os resíduos sólidos são depositados em um lixão, localizado em uma área de drenagem.

A terceira justificativa para esta escolha está relacionada à facilidade de acesso aos dados e informações municipais. O Município de Goiás aderiu ao Projeto Sanear Cidades, uma iniciativa da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) em parceria com o Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG), para ofertar capacitação e assistência técnica

durante a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Uma das componentes do PMSB é a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, ou seja, o tema deste trabalho. Durante os eventos realizados no âmbito do Projeto Sanear Cidades foi estabelecido um contato com a representante da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Após alguns encontros e trocas de ideias foi proposta uma cooperação entre a referida secretaria e a autora deste trabalho, sendo a observação participante a técnica de pesquisa empregada (MARCONI e LAKATOS, 1990, p. 82) (GIL, 2017, p. 121). Assim, a troca de informações e a exposição de ideias foi possibilitada, o que atendeu o terceiro critério de escolha.

No início do capítulo 6, onde foi apresentado o estudo de caso, encontra-se uma descrição mais detalhada a respeito da escolha da unidade-caso. A Figura 8 apresenta cenas do Centro Histórico do Município de Goiás.

Figura 8 – Cenas do Centro Histórico do Município de Goiás.



(a) Praça Brasil Ramos Caiado.



(b) Rua D'Abadia.

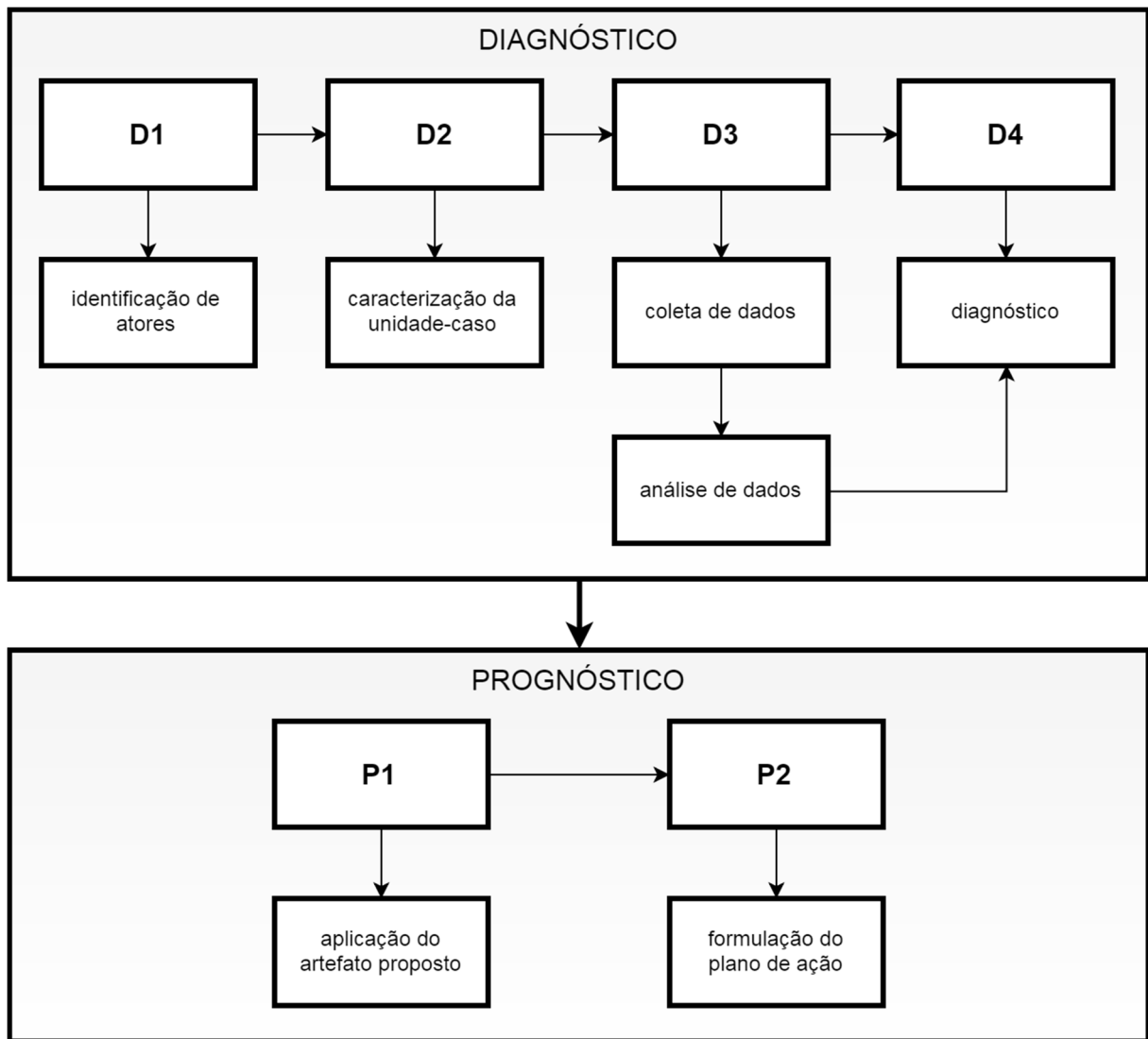
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A unidade-caso em questão classifica-se segundo Gil (2017, p. 118) em um estudo de caso único, na modalidade caso típico, onde o objeto parece ser “a melhor expressão do tipo ideal da categoria”.

A investigação da unidade-caso seguiu um protocolo, onde foram determinadas etapas. Este protocolo foi estabelecido na forma de um fluxograma, com base em roteiros propostos pelo Ministério das Cidades para a elaboração de PMSB (2011a, p. 49-98) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para a elaboração de planos de resíduos sólidos (2012b) (2016).

O protocolo foi desenvolvido a partir de uma compilação e adaptação dos referidos roteiros. A Figura 9 apresenta esquematicamente o protocolo empregado na investigação da unidade-caso. Após a figura, comenta-se o que foi feito em cada etapa do protocolo.

Figura 9 – Protocolo de investigação da unidade-caso.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Ministério das Cidades (2011a, p. 49-98); Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2012b) (2016).

As etapas estabelecidas no protocolo foram agrupadas em duas fases: diagnóstico (D), que compreende as etapas D1 a D4; e prognóstico (P), etapas P1 e P2. As etapas referentes ao diagnóstico foram definidas a partir do roteiro proposto pelo Ministério das Cidades para a elaboração de PMSB (2011a, p. 49-98) e foram executadas no âmbito do Projeto Sanear Cidades. A partir do diagnóstico produzido para o PMSB do Município de Goiás foram executadas as etapas do prognóstico, definidas no protocolo acima, com base no roteiro apresentado pelo MMA para a elaboração de planos de resíduos sólidos (2012b) (2016).

Na etapa D1, organizações e pessoas, tanto no setor público quanto no privado, envolvidas com o objeto de estudo deste trabalho, foram identificadas e abordadas, com o objetivo de obter informações sobre a gestão de RSU no Município de Goiás.

Em D2 a unidade-caso foi caracterizada a partir de dados e informações secundários relativos aos seus aspectos históricos, físicos, bióticos e antrópicos, obtidos por meio de pesquisa bibliográfica (MARCONI e LAKATOS, 2016, p. 166-168).

Na etapa D3 foram coletados dados e informações secundários referentes ao sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás, através de pesquisa documental, em órgãos da administração pública municipal (MARCONI e LAKATOS, 2016, p. 157-166). O banco de dados do Projeto Sanear Cidades também foi consultado, principalmente para a elaboração de mapas. Também foram feitos levantamentos de campo e registro fotográfico.

Em D4, após a leitura, compilação, comparação e análise dos dados e informações coletados (MARCONI e LAKATOS, 2016, p. 1-25), o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás foi descrito e avaliado, resultando no diagnóstico.

Concluída a fase do diagnóstico, foi elaborado o prognóstico (etapas P1 e P2). O artefato proposto foi aplicado como modelo de referência no planejamento e na concepção do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) do Município de Goiás, na etapa relativa ao Plano de Ação, especificamente naquilo que diz respeito aos RSU, conforme delimitado no recorte desta pesquisa.

O estudo de caso encontra-se no capítulo 6.

2.4 Relato da aprendizagem

Após a realização do estudo de caso, onde o artefato proposto no capítulo 5 foi aplicado e avaliado, a aprendizagem adquirida foi explicitada. No espaço dedicado às considerações finais, no capítulo 7, foram destacados os pontos de sucesso e de insucesso observados na condução do estudo de caso, bem como as limitações da pesquisa, para que ela possa servir como referência para futuros estudos e também para trabalhos técnicos no campo do Planejamento e da Gestão Ambiental.



3 O LIXO NOSSO DE CADA DIA

Este capítulo apresenta um resumo analítico, fruto da pesquisa bibliográfica realizada para formar a base teórica referente aos RSU. O texto se inicia pela abordagem de aspectos técnicos. Prossegue descrevendo e analisando a gestão: a evolução do tema; o marco legal; e o modelo de gestão adotado nos municípios brasileiros na atualidade. Por fim, foi discutido o desafio municipal frente à problemática dos resíduos sólidos.

Mas afinal, é lixo ou resíduo sólido? Diferenciar e definir é preciso!

Por definição, lixo é tudo aquilo que não se quer mais e se joga fora; coisas inúteis, velhas, sem valor e que não despertam interesse em outra pessoa. Assim sendo, quem define o momento em que um objeto passa a ser considerado lixo é o consumidor, ou seja, aquele que tem ou deixa de ter algum interesse em um determinado objeto.

Neste trabalho, empregam-se as definições dadas pela literatura técnica e pela legislação vigente, mais especificamente a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), no seu capítulo II, artigo 3º (BRASIL, 2010a), segundo a qual:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Definido o conceito, descreve-se na sequência os aspectos técnicos dessa temática, a partir da leitura dos autores clássicos, aqueles consagrados e citados tanto no ambiente acadêmico quanto no campo profissional.

Os RSU, segundo a sua origem, são classificados em resíduos domiciliares, originários de atividades domésticas em residências urbanas; e aqueles gerados pelos serviços de limpeza urbana: varrição, limpeza de logradouros e vias públicas. Os demais resíduos são assim classificados: resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços; dos serviços públicos de Saneamento Básico; industriais; de serviços de saúde; da construção civil; agrossilvipastoris; de serviços de transportes; e de mineração (BRASIL, 2010a).

Quanto à sua periculosidade, os resíduos sólidos podem ser classificados como perigosos, aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade,

apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental; ou não perigosos (BRASIL, 2010a); (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

As características dos resíduos sólidos podem ser agrupadas em três grandes grupos: físicas; químicas; e biológicas.

Segundo Barros (2012, p. 68-71) e Monteiro (2001, p. 33-35), as características físicas são compostas por parâmetros que refletem o grau de industrialização e o nível socioeconômico e cultural de uma comunidade. O monitoramento destas características deve ser realizado com frequência tal que permita corrigir falhas e garantir a pertinência dos procedimentos adotados para um determinado sistema de gestão. O Quadro 4 apresenta e descreve brevemente as características físicas dos resíduos sólidos.

Quadro 4 – Características físicas dos resíduos sólidos.

Parâmetro	O que é?	Importância
Geração per capita	Relaciona a quantidade de resíduos sólidos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região.	Fundamental para projetar as quantidades de resíduos a coletar e a dispor; Importante no dimensionamento de veículos; Elemento básico para a determinação da taxa de coleta, bem como para o correto dimensionamento de todas as unidades que compõem o sistema de limpeza urbana.
Composição gravimétrica	Traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada.	Indica a possibilidade de aproveitamento das frações recicláveis para comercialização e da matéria orgânica para a produção de composto orgânico. Quando realizada por regiões da cidade, ajuda a se efetuar um cálculo mais justo da tarifa de coleta e destinação final.
Peso específico aparente	É o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m ³ .	Fundamental para o correto dimensionamento de equipamentos e instalações e da frota de coleta, assim como de contêineres e caçambas estacionárias.
Teor de umidade	Representa a quantidade de água presente no lixo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 40 a 60%.	Afeta diretamente a velocidade de decomposição da matéria orgânica no processo de compostagem; Influencia diretamente o poder calorífico e o peso específico aparente do lixo, concorrendo de forma indireta para o correto dimensionamento de incineradores e usinas de compostagem; Influencia diretamente no cálculo da produção de chorume e no correto dimensionamento do sistema de coleta de percolados.
Compressividade	É o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada. Submetido a uma pressão de 4 kg/cm ² , o volume do lixo pode ser reduzido de um terço (1/3) a um quarto (1/4) do seu volume original.	Fundamental para o dimensionamento de veículos coletores, estações de transferência com compactação e caçambas compactadoras estacionárias.

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Barros (2012, p. 68-71) e Monteiro (2001, p. 33-35).

As características químicas referem-se aos parâmetros descritos no Quadro 5. De acordo com Barros (2012, p. 73-75) e Monteiro (2001, p. 36), a sua determinação pode ser mais trabalhosa e dispendiosa, mas o conhecimento delas é importante para selecionar métodos de tratamento e disposição final mais adequados.

Quadro 5 – Características químicas dos resíduos sólidos.

Parâmetro	O que é?	Importância
Poder calorífico	Indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima. O poder calorífico médio do lixo domiciliar se situa na faixa de 5.000 kcal/kg.	Influencia o dimensionamento das instalações de todos os processos de tratamento térmico (incineração, pirólise e outros).
Potencial hidrogeniônico (pH)	Indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Em geral, situa-se na faixa de 5 a 7.	Indica o grau de corrosividade dos resíduos coletados, servindo para estabelecer o tipo de proteção contra a corrosão a ser usado em veículos, equipamentos, contêineres e caçambas metálicas.
Composição química	Consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras.	Ajuda a indicar a forma mais adequada de tratamento para os resíduos coletados.
Relação carbono/nitrogênio (c:n)	Indica o grau de decomposição da matéria orgânica do lixo nos processos de tratamento e disposição final. Em geral, essa relação encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1.	Fundamental para se estabelecer a qualidade do composto produzido.

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Barros (2012, p. 73-75) e Monteiro (2001, p. 36).









As características biológicas são aquelas determinadas pela população microbiana, entre os quais os agentes patogênicos presentes no lixo que, ao lado das suas características químicas, permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequados. Conhecê-las é fundamental, por exemplo, na fabricação de inibidores de odores, normalmente aplicados no interior de veículos de coleta para evitar ou minimizar problemas com a população ao longo do percurso dos veículos, assim como de aceleradores e retardadores da decomposição da matéria orgânica presente no lixo. O desenvolvimento de processos de tratamento, destinação final e de recuperação de áreas degradadas, com base nas características biológicas dos resíduos, também requer a determinação da população microbiana (MONTEIRO, 2001, p. 36).

Expostos os aspectos técnicos relativos aos resíduos sólidos, analisa-se na seção 3.1 como e por que ocorre a sua geração; qual é o seu destino; e as implicações ambientais, sociais, culturais, econômicas e políticas do tema em tela. Em seguida, na seção 3.2, apresenta-se os aspectos tecnológicos relacionados ao tratamento e ao aproveitamento dos resíduos sólidos.

3.1 A geração, o destino e a problemática

A geração de resíduos sólidos sempre esteve relacionada aos assentamentos humanos e à atividade econômica. Portanto, ela é diretamente influenciada por duas variáveis: a densidade demográfica e o nível de renda. Quanto mais indivíduos produzindo, consumindo e descartando dentro dos limites de uma determinada porção territorial, maior será o volume de resíduos sólidos. Paralelamente, quanto maior for o poder aquisitivo, maior será a capacidade de consumo e, portanto, a geração seguida do descarte de volumes significativos de resíduos sólidos. D’Almeida e Vilhena (2000, p. 5) apresentaram um cenário simplificado da geração de resíduos sólidos em função destas duas variáveis, considerando aspectos das características e da gestão dos resíduos sólidos em alguns países (Quadro 6).

Quadro 6 – Relação entre a geração de resíduos sólidos, densidade demográfica e nível de renda.

		Japão, Alemanha, Bélgica, Costa Leste dos EUA	Canadá, Países Nórdicos e Interior dos EUA		
Densidade demográfica	Nível de renda	Característica Alta geração per capita; alto teor de embalagens.	Característica Alta geração per capita; alto teor de embalagens; grande parcela de resíduos de jardinagem.	Densidade demográfica	Nível de renda
		Gestão Coleta total do lixo, com foco em programas de coleta seletiva. Incineração usada para gerar energia. Aterro sanitário, com controles ambientais, como forma de destinação final.	Gestão Coleta total do lixo. Aterro sanitário como principal forma de destinação. Algumas iniciativas de reciclagem, dependendo da região. Compostagem de resíduos orgânicos.		
		Cidades na Índia, China e Egito	Áreas rurais da África e de algumas regiões da América Latina.		
Densidade demográfica	Nível de renda	Característica Média geração per capita; médio teor de embalagens; alto teor de restos de alimentos.	Característica Baixa geração per capita; alto teor de restos de alimentos.	Densidade demográfica	Nível de renda
		Gestão Coleta inadequada do lixo; crescente preocupação em fechar lixões e criar aterros sanitários com controles ambientais; indústrias de reciclagem abastecidas por catadores trabalhando nas ruas e nos lixões.	Gestão Coleta inadequada do lixo; lixão como principal forma de destinação.		
Legenda: (↑) seta para cima a variável aumenta; (↓) seta para baixo a variável diminui.					

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de D’Almeida e Vilhena (2000, p. 5).

Observa-se que quando as duas variáveis são diretamente proporcionais, verificam-se extremos ou de baixa ou de alta geração de resíduos. Quando elas são inversamente proporcionais, observa-se uma variação no volume em função da variável nível de renda.

Estas variáveis também determinam as características físicas dos resíduos sólidos, configurando um “lixo rico”⁵, onde se encontra uma gama de resíduos oriundos de produtos industrializados e suas embalagens, que apresentam condições de reuso ou reciclagem; e o “lixo pobre”⁶, caracterizado pela grande quantidade de matéria orgânica, que é degradada mais rapidamente nos ambientes de saída.

Quando se observa mais atentamente o ciclo de vida dos produtos, percebe-se que os resíduos são gerados em dois momentos distintos. No processo de fabricação de um item qualquer, quando ocorrem sobras, falhas, perdas e desperdício no processo produtivo, são gerados os resíduos pré-consumo. Quando algo é descartado pelo consumidor, são gerados os resíduos pós-consumo.

Todo e qualquer resíduo gerado no final do ciclo de vida dos produtos, se não retornar aos processos que o originaram na forma de matéria-prima, ou não for encaminhado para reutilização⁷ ou reciclagem⁸ em processos secundários, vai alimentar toda uma cadeia de produção de rejeitos, que precisa ser gerenciada no âmbito municipal, mediante tratamento e destinação final adequada, para evitar que se tornem fontes de contaminação.

Logo, idealmente, a melhor condição seria a não geração e, na impossibilidade desta, a redução da geração. Entretanto, a não geração praticamente inexistente. A redução da geração é pouco praticada e a segregação de materiais na fonte geradora para reutilização ou reciclagem ainda é pouco expressiva. Embora 70,4% dos municípios brasileiros, apresentem alguma iniciativa relacionada à coleta seletiva, nem sempre as atividades abrangem a totalidade da área urbana (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2017, p. 18). Apenas 3,79% dos municípios têm unidade de compostagem de resíduos sólidos orgânicos; 11,56% têm unidade de triagem de resíduos

⁵ Os catadores de materiais recicláveis costumam se referir assim aos resíduos sólidos que possuem valor no mercado de reciclagem.

⁶ Os catadores de materiais recicláveis costumam se referir assim aos resíduos sólidos que possuem baixo valor no mercado de reciclagem, ou que não possuem valor.

⁷ XVIII - reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA (BRASIL, 2010a);

⁸ XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA (BRASIL, 2010a).

sólidos recicláveis; e 0,61% têm unidade de tratamento por incineração (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010b).

Assim sendo, os RSU acabam sendo destinados majoritariamente para as áreas de disposição final, tanto as regulares quanto as irregulares. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) revelou que 22,5% dos municípios brasileiros destinam os resíduos sólidos para aterros controlados e 22,7% para aterros sanitários. Entretanto, a informação mais preocupante é a de que “os vazadouros a céu aberto” (lixões) constituíram o destino final dos resíduos sólidos em 50,8% dos municípios brasileiros” (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010b).

Este tipo de disposição final é inadequada porque se caracteriza pela simples descarga dos resíduos em estado bruto sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. Não há, neste caso, nenhum tratamento dos efluentes derivados da decomposição do lixo, como o chorume, que percola o solo e contamina o lençol freático, do qual toda a população se serve como fonte hídrica. Situação que implica em impactos negativos, de difícil solução, na saúde pública e no meio ambiente.

Por sua vez, o descarte tecnicamente adequado, em áreas de disposição final regular, onde as boas práticas de engenharia são observadas, caso dos aterros sanitários, também representa um sério problema.

Schianetz (1999, p. 15) ressalta que tanto as áreas de disposição regular de RSU quanto as irregulares são passivos ambientais.

Esta afirmação é reforçada pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (1999, p. 3) ao definir o termo "área contaminada":

Uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem concentrar-se em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem concentrar-se nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções. Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como, por exemplo, o ar, o próprio solo, as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores.

Fetter (1993) apud CETESB (1999, p. 5) apresenta as fontes de contaminação das águas subterrâneas que podem ser consideradas também como fontes de contaminação do solo, classificadas em seis categorias, destacando-se que na segunda categoria estão incluídas “as fontes projetadas para armazenar, tratar e/ou dispor substâncias no solo, na qual estão incluídas as áreas de disposição de resíduos (aterros sanitários e industriais, lixões, os bota-fora, etc.) [...]”.

A PNRS, discutida na próxima seção, no seu artigo 3º, inciso II, concorda com estas afirmações ao definir área contaminada como “local onde há contaminação causada pela disposição, regular ou irregular, de quaisquer substâncias ou resíduos” (BRASIL, 2010a).

Associado ao problema ambiental encontra-se um problema social, em virtude do fato de que uma grande massa de catadores, sobretudo nos grandes centros urbanos, se dedica à tarefa árdua e mal remunerada de recolher materiais destinados à reciclagem. A PNSB apontou que 26,8% das entidades municipais, que faziam o manejo dos resíduos sólidos em suas cidades, sabiam da presença de catadores nas unidades de disposição final (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010b). A atividade em questão é exercida, basicamente, por um segmento social marginalizado pelo mercado de trabalho formal. Esta parcela da população, além de uma fonte de renda, também busca no lixão o alimento e, não raro, o habita ou se assenta em suas imediações, sofrendo os efeitos da presença dos vetores de doenças e das substâncias tóxicas nele presentes. Assim, o aspecto ambiental agrava o social e vice-versa, ambos aguardam uma solução conjunta e interdependente, ilustrando bem o que Capra (2006, p. 60) chamou de “simbiose perversa”.

Paralelamente às questões ambientais e sociais inerentes à cadeia produtiva do RSU e ao seu gerenciamento, há um fator cultural que evidencia, por parte da população, a falta de sensibilidade quanto à importância dos serviços de limpeza urbana e o desconhecimento acerca da gravidade dos problemas ambientais, sanitários e tudo o que eles envolvem e influenciam.

Aliadas aos fatores citados, existem questões de ordem econômica e política que contribuem para piorar toda esta situação. Grande parte dos sistemas de limpeza urbana apresenta-se sem condições de operar adequadamente por falta de recursos financeiros, além das restrições gerenciais das prefeituras que, frequentemente, não contam com profissionais especializados para planejar, implantar, operar e gerir o sistema com maior racionalidade técnica e econômica.

Exposta a problemática, analisa-se na sequência as formas conhecidas de tratamento e aproveitamento dos resíduos sólidos.

3.2 Tratamento e aproveitamento

Existem formas de tratamento que podem reduzir a quantidade de resíduos a ser encaminhada para as áreas e unidades de disposição final e, desta forma, prolongar a vida útil destas unidades.

Monteiro (2001, p. 119) pondera que “o tratamento mais eficaz é o prestado pela própria população quando está empenhada em reduzir a quantidade de lixo, evitando o desperdício, reaproveitando os materiais, separando os recicláveis”. Entretanto, se isto não ocorreu previamente, antes de se desfazer definitivamente dos resíduos sólidos é preciso evitar, neutralizar ou minimizar os seus impactos ambientais negativos. Para tanto, realiza-se o pré-tratamento e o tratamento propriamente dito.

O Pré-tratamento consiste em preparar os resíduos sólidos para o tratamento, ou para a destinação⁹, ou para a disposição final¹⁰. Basicamente isto é feito pela redução mecânica do volume, que facilita as operações de processos subsequentes, eliminando fontes de alimento e abrigo para vetores transmissores de doenças; reduzindo maus odores; melhorando condições de armazenamento e transporte; e racionalizando a ocupação das áreas de aterro. Um bom exemplo disto é a separação, prensagem e paletização de materiais recicláveis (papel, papelão, plásticos e sucata de alumínio) para encaminhá-los às indústrias recicladoras.

A diferença básica entre o pré-tratamento e o tratamento é que, neste último, ocorrem processos que alteram as características, composição ou propriedades dos materiais, para possibilitar a destinação, a disposição final ou, simplesmente, a sua destruição.

Monteiro (2001, p. 119) define a etapa de tratamento no processo de gerenciamento como sendo “uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável”.

Os processos empregados no tratamento de resíduos sólidos dificilmente resultam em algo completo ou definitivo, pois sempre pode restar um remanescente inservível, denominado rejeito. Entretanto, há vantagens decorrentes do tratamento, uma vez que permite, além da redução do volume a ser disposto: separar componentes perigosos da massa total de resíduos

⁹ Destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do SISNAMA, do SNVS e do SUASA, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010a).

¹⁰ Disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010a).

sólidos; alterar características físicas, químicas e biológicas de determinados componentes, tornando mais fácil a sua assimilação pelo meio ambiente; converter agentes agressivos presentes na massa total de resíduos sólidos em formas menos perigosas ou insolúveis; destruir produtos indesejáveis; e reduzir ou eliminar o risco de contaminação química ou biológica. Os processos de transformação utilizados no tratamento de resíduos sólidos podem ser organizados em físicos, químicos e biológicos, conforme demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7 – Processos de transformação utilizados no tratamento de resíduos sólidos.

Processo de transformação		Método	Produtos da conversão
Físicos	Separação de componentes	Manual ou mecânica	Componentes individuais encontrados nos RSU.
	Redução do volume	Aplicação de energia em forma de força ou pressão	Redução do volume da massa original de resíduos.
	A redução do tamanho	Aplicação de energia para retalhamento e moagem	Redução do tamanho dos componentes da massa original de resíduos.
Químicos	Combustão	Oxidação térmica	Dióxido de Carbono (CO ²), Dióxido de Enxofre (SO ²), outros produtos de oxidação e cinzas.
	Pirólise	Destilação destrutiva	Um fluxo de gás contendo vários gases, alcatrão e materiais carbonosos ** (chars).
	Gaseificação	Oxidação parcial à elevada temperatura	Uma mistura de gases: Monóxido de Carbono (CO), hidrogênio (H ²), Dióxido de Carbono (CO ²), metano (CH ⁴), traços de enxofre (S), outros hidrocarbonetos leves impurezas.
Biológicos	Compostagem aeróbica	Conversão biológica aeróbica	Composto humificado usado como condicionador de solos.
	Digestão anaeróbica	Conversão biológica anaeróbica	Metano (CH ⁴), dióxido de carbono (CO ²), húmus.
	Compostagem anaeróbica *	Conversão biológica anaeróbica	Metano (CH ⁴), dióxido de carbono (CO ²) e resíduos não biodegradáveis.
Legenda: * Ocorre em aterros sanitários. ** Materiais carbonosos: são aqueles constituídos essencialmente do elemento carbono, com teores superiores a 99%, podendo ser encontrados na natureza ou processados (sintéticos).			

Fonte: adaptado de Tchobanoglous (1993, p. 91).

Os processos de transformação podem ocorrer tanto pela intervenção humana quanto pelos fenômenos naturais. É preciso conhecê-los, bem como os produtos resultantes deles, porque afetam diretamente na concepção e elaboração de planos de resíduos sólidos; na definição de modelos de gestão; e no planejamento, implantação e operação de sistemas e processos de gerenciamento. Seguindo a ordem estabelecida no Quadro 7, os processos de transformação foram estudados e descritos resumidamente nos parágrafos seguintes.

As principais formas de transformação física que podem ocorrer no tratamento de resíduos sólidos são: a separação de componentes; a redução mecânica do volume e a redução mecânica do tamanho dos resíduos sólidos. Nos parágrafos seguintes encontra-se a explicação de cada uma destas formas.

A separação de componentes consiste na segregação manual e/ou mecânica, de uma massa heterogênea de resíduos sólidos, em grupos de resíduos o mais homogêneo possível, segundo as suas características. Trata-se de uma operação importante para a recuperação de materiais reutilizáveis ou recicláveis; para a remoção de contaminantes do material separado a fim de melhorar as suas especificações; no afastamento de resíduos perigosos; e no aproveitamento energético de resíduos sólidos a partir da sua conversão em energia e combustíveis (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 90-91).

Redução mecânica do volume dos resíduos sólidos é o termo que designa o processo onde o volume inicial ocupado por eles é reduzido pela aplicação de uma força exercendo pressão. Bons exemplos desta forma de transformação são os caminhões coletores de RSU, equipados com compactadores, que possibilitam aumentar a quantidade de resíduos transportados por viagem; as estações de transbordo possuidoras de sistema hidráulico nos silos de armazenamento de resíduos sólidos; e as prensas hidráulicas empregadas na paletização de materiais recicláveis, que permitem reduzir os custos de armazenamento, manuseio e remessa para os centros de processamento (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 91-92).

A redução mecânica do tamanho dos resíduos sólidos consiste em fracionar os materiais componentes de uma determinada massa a fim de obter um produto final razoavelmente uniforme, composto por partículas menores se comparadas ao original. A redução do tamanho dos resíduos sólidos não implica necessariamente em uma redução do volume, podendo ocorrer um aumento do mesmo após a fragmentação. Os diversos tipos de trituradores de resíduos sólidos são exemplos do emprego desta forma de transformação. Assim, Resíduos da Construção Civil (RCC) podem ser triturados e granulados em britadeiras para serem convertidos em material reciclado; galhos, troncos e resíduos sólidos orgânicos podem ser picotados para encaminhamento a unidades de compostagem; pneus inservíveis podem ser retalhados para usos diversos em obras de engenharia, como por exemplo, o asfalto modificado com borracha; na geração de energia, nos processos de regeneração da borracha, na reutilização do aço, dentre outros (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 92-93).

As principais formas de transformação química são: a Combustão ou Oxidação Química; a Pirólise; e a Gaseificação. Todas estas formas são classificadas como processos térmicos e podem ser empregadas em instalações projetadas para recuperar a energia dos resíduos na forma de vapor, água quente ou eletricidade, tanto pela sua transformação em

combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, quanto pela possibilidade de geração de energia térmica, elétrica ou cogeração¹¹.

A Combustão é definida como a reação química do oxigênio com materiais orgânicos, para produzir compostos oxidados acompanhados pela emissão de luz e rápida geração de calor. Sob condições ideais e na presença de oxigênio suficiente a combustão pode ser completa. Os produtos finais derivados da combustão de resíduos sólidos incluem: gases, principalmente Nitrogênio (N₂) e Dióxido de Carbono (CO₂); vapor de água; Oxigênio (O₂); e escória (composta por metais ferrosos, cinzas e resíduos não combustíveis, perfazendo aproximadamente 15 a 20% da massa inicial de resíduos). Pequenas quantidades de Amônia (NH₃), Dióxido de Enxofre (SO₂), Óxido de Nitrogênio (NO_x) e traços de outros gases também podem ser encontrados como subprodutos, dependendo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos. As usinas térmicas e os incineradores são tecnologias de tratamento térmico de resíduos baseadas nesta forma de transformação química (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 93). Outro bom exemplo encontra-se no processo de fabricação de cimento, onde a combustão é a reação-chave para o coprocessamento¹² de resíduos sólidos em fornos de clínquer (ROCHA, LINS e SANTO, 2011).

O termo Pirólise descreve o processo no qual a maioria das substâncias orgânicas, por serem termicamente instáveis, podem ser divididas em frações gasosa, líquida e sólida, através de uma combinação de reações de craqueamento térmico e de condensação numa atmosfera livre de oxigênio. O processo de pirólise é altamente endotérmico, onde ocorre a absorção de energia na forma de calor; ao contrário da combustão, que é exotérmico, ou seja, há liberação de energia para o meio. Assim, a decomposição química desencadeada pelas altas temperaturas na ausência de oxigênio produz mais energia do que consome (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 93-94). O principal elemento desta forma de transformação química é o reator pirolítico, composto por três zonas específicas: a zona de secagem, onde altas temperaturas alteram as propriedades moleculares da matéria depositada; a zona de pirólise, onde ocorrem reações químicas como a fusão, a volatilização e a oxidação (passagem de uma substância do estado líquido ou sólido para o estado gasoso); e a zona de resfriamento, onde são recolhidos resíduos

¹¹ Cerca de 60 a 70% da energia contida em um determinado combustível usado para o acionamento de um gerador termelétrico é transformada em calor e perdida para o meio-ambiente. A cogeração possibilita que o calor produzido na geração elétrica seja usado no processo produtivo sob a forma de vapor, proporcionando o aproveitamento até 85% da energia do combustível. O inconveniente da cogeração é que o calor só pode ser usado perto do equipamento, o que limita estas instalações a unidades relativamente pequenas se comparadas com os geradores das concessionárias (INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2017).

¹² O termo coprocessamento pode ser empregado para designar processos onde resíduo é utilizado como combustível alternativo e também quando o resíduo é utilizado como fonte de calor e matéria-prima, podendo ser incorporado ao clínquer para melhorar a qualidade do produto (ROCHA, LINS e SANTO, 2011).

sólidos (escória e char) e os subprodutos: gases, principalmente Hidrogênio (H_2), Metano (CH_4), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO_2); combustíveis líquidos, Hidrocarbonetos (HC), álcoois e bio-óleos (BARROS, 2012, p. 393-395).

O processo de gaseificação envolve as reações termoquímicas de um combustível sólido (carvão, madeira, resíduos sólidos ou biomassa), com a finalidade de formar gases que podem ser usados como fonte de energia térmica e elétrica, para síntese de produtos químicos e para a produção de combustíveis líquidos. Neste processo a conversão da matéria-prima em gás, ocorre por meio de oxidação parcial, sob a aplicação de calor. O principal produto da gaseificação é uma mistura de gases (gás de síntese), um combustível rico em: Monóxido de Carbono (CO), Hidrogênio (H_2), Dióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), traços de Enxofre (S), outros hidrocarbonetos leves e impurezas. A composição final do gás proveniente da gaseificação dependerá, entre outros aspectos, das condições de operação tais como: temperatura; pressão; tempo de residência; características da matéria-prima (matérias voláteis, carbono fixo, cinzas, enxofre, reatividade, etc.); tipo de reator; e características dos agentes gaseificantes (ar ou oxigênio) (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 94).

As transformações biológicas da fração orgânica dos resíduos sólidos podem ser utilizadas para reduzir o volume e o peso do material; para produzir composto orgânico, um material semelhante ao húmus¹³, que pode ser usado como um condicionador do solo; e para produzir metano. Os principais organismos envolvidos na transformação biológica de resíduos sólidos orgânicos são bactérias, fungos, leveduras e actinomicetos¹⁴. Estas transformações podem ser realizadas aerobicamente ou anaerobicamente, dependendo da disponibilidade de oxigênio. As principais diferenças entre as reações de conversão aeróbica e anaeróbica são a natureza dos produtos finais e o fato de que para realizar conversão aeróbica é necessário que haja oxigênio. Os processos biológicos mais utilizados para a conversão da fração orgânica dos resíduos sólidos são a compostagem e a digestão anaeróbica (TCHOBANOGLIOUS, 1993, p. 94-96).

Atualmente existem várias tecnologias empregadas para aproveitar, valorizar e converter resíduos sólidos e rejeitos em fontes de energia e combustíveis, baseadas nos processos de transformação descritos anteriormente.

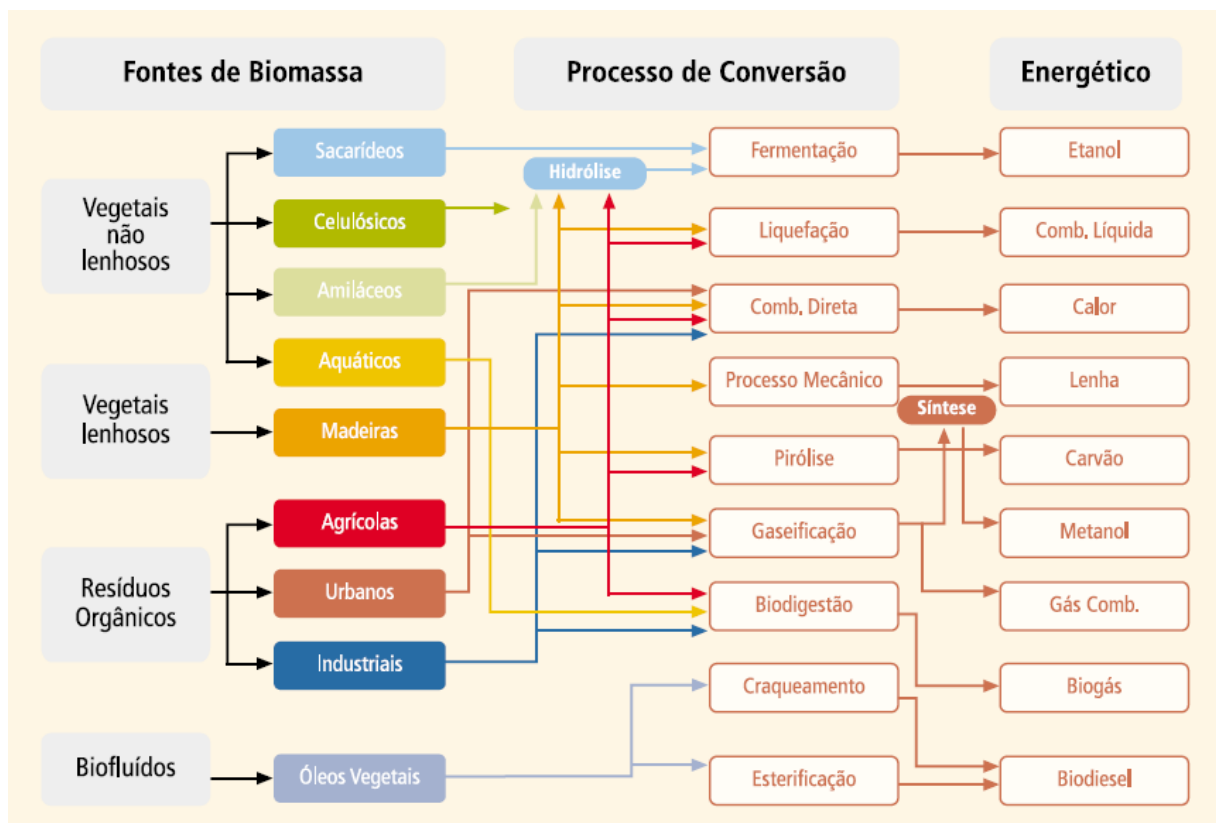
¹³ Húmus é a matéria orgânica homogênea, totalmente bioestabilizada, de cor escura e rica em partículas coloidais que, quando aplicada ao solo, melhora suas características físicas para uso agrícola (MONTEIRO, 2001, p. 124).

¹⁴ O actinomiceto é um microrganismo anaeróbio, classificado como bactéria filamentosa ramificada.

O aproveitamento energético da biomassa¹⁵ é um bom exemplo. Atualmente, a biomassa responde por 8,2% da oferta interna de energia elétrica no Brasil¹⁶ (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018, p. 16). O aproveitamento da biomassa pode ser feito: por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte e quebra); de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação); ou de processos biológicos (digestão anaeróbica e fermentação) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2005, p. 87-89).

A Figura 10 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos.

Figura 10 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa.



Fonte: Balanço Energético Nacional (1982) apud Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), (2005, p. 87).

¹⁵ A biomassa destinada ao aproveitamento energético é uma fonte primária de energia, não fóssil, que consiste em matéria orgânica de origem animal ou vegetal. A biomassa contém energia armazenada sob a forma de energia química. Em relação a sua origem, as biomassas para fins energéticos podem ser classificadas nas seguintes categorias: (I) biomassa energética florestal, seus produtos e subprodutos ou resíduos; (II) biomassa energética da agropecuária, as culturas agroenergéticas e os resíduos e subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e (III) rejeitos urbanos (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2018, p. 125).

¹⁶ A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para geração de energia elétrica mecânica e calorífica; a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica. Desta forma, a matriz elétrica é parte da matriz energética.

Dentre os processos biológicos, destaca-se a tecnologia para a produção e uso de biogás e biofertilizantes através da digestão anaeróbica, bastante difundida no Brasil. Ambos os produtos são obtidos a partir da biomassa contida em dejetos urbanos, industriais, agropecuários e em efluentes. Esta biomassa passa naturalmente do estado sólido para o gasoso por meio da ação de microrganismos que decompõem a matéria orgânica em um ambiente anaeróbico, resultando em uma fração sólida, uma líquida e outra gasosa denominada biogás. Se não for interceptado e coletado o biogás é lançado à atmosfera e passa a contribuir para o aquecimento global, uma vez que é composto por metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), nitrogênio (N_2), hidrogênio (H_2), oxigênio (O_2) e gás sulfídrico (H_2S). A utilização do biogás para a produção de energia permite a contenção, o direcionamento e a utilização deste gás e também contribui para a redução do volume dos dejetos em estado sólido. A fração sólida e a líquida servem à produção de fertilizantes (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008, p. 86-87).

Em fevereiro de 2018, a CS Bioenergia, empresa formada pela estatal Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e pelo grupo Cattalini Bio Energia, localizada em São José dos Pinhais, na Região Metropolitana de Curitiba (Paraná), começou a produzir biogás a partir de lodo de esgoto e de resíduos sólidos orgânicos, oriundos das Centrais de Abastecimento do Paraná (CEASA/PR) (Figura 11). A usina pode gerar 2,8 megawatts de energia elétrica, o suficiente para abastecer duas mil residências populares (EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO, 2018).

Figura 11 – CS Bioenergia.



Fonte: Empresa Brasil de Comunicação (2018).

Outro exemplo de tecnologia empregada para converter resíduos sólidos e rejeitos em fontes de energia e combustível, é a mineração de aterros (*Enhanced Landfill Mining – ELFM*), definida como a exploração, a escavação, o condicionamento seguro e a valorização integrada de fluxos de resíduos aterrados, tanto para a recuperação de materiais quanto para a geração de energia (*Waste-to-Energy – WTE*), utilizando tecnologias de transformação inovadoras e respeitando critérios socioambientais. Pode ser empregada para a exploração de lixões, aterros sanitários e industriais, ativos ou inativos, tanto antigos quanto novos ou futuros (JONES, GEYSEN, *et al.*, 2013).

Sierra, Barrios e Morales (2014, p. 115-123) em um artigo de revisão sobre o tema concluíram que: (I) em alguns países desenvolvidos estão sendo construídos digestores baseados no princípio básico da mineração de aterros sanitários; (II) o impacto econômico da mineração reside no fato de que são evitados os custos de construção de novos aterros, bem como o uso de mais terras para a disposição final de rejeitos. Ainda, podem ser geradas receitas através da comercialização de créditos de carbono, entre outros; (III) a mineração de aterro é uma tecnologia em desenvolvimento e ainda faltam experiências e estudos sérios para chegar a conclusões definitivas; (IV) a tecnologia permite a recuperação da capacidade instalada de aterros abandonados e, desta forma, evita o uso de terras adicionais que podem ser ter outros usos, como por exemplo, agricultura, habitação ou áreas verdes; e (V) a recuperação de gases, como o metano, permite o fornecimento de energia não derivada de combustíveis fósseis.

No entanto, para que a mineração de aterros atinja todo o seu potencial, são necessárias decisões políticas estratégicas e sistemas de suporte adaptados, incluindo uma combinação de incentivos para a reciclagem de materiais, a utilização de energia e a recuperação de áreas degradadas (JONES, GEYSEN, *et al.*, 2013).

Apresentados os processos de transformação empregados no tratamento de resíduos e as principais tecnologias de aproveitamento baseadas nestes processos, analisa-se na sequência a gestão dos resíduos sólidos. Por se tratar do objeto de estudo deste trabalho, o recorte temático foi abordado segundo uma linha de tempo para compreender e demonstrar a evolução dos modelos de gestão e dos processos de gerenciamento, bem como para situar o principal marco legal brasileiro referente aos resíduos sólidos.

3.3 A gestão: evolução e atualidade

Na antiguidade a contaminação pelos resíduos sólidos era praticamente inexistente, porque os agrupamentos humanos eram pequenos e nômades. Esses grupos dispunham de amplo espaço físico e retiravam dele apenas o necessário para alimentação e fabricação de utensílios, ferramentas e vestimentas. Prevalcia a geração de resíduos sólidos orgânicos que, ao sofrerem degradação, eram incorporados pelos ecossistemas.

Quando a humanidade começa a viver de forma gregária, em tribos, aldeias, vilas e cidades, se iniciam os problemas relativos aos resíduos sólidos. Embora fossem produzidos em pequenas quantidades e se caracterizassem pela origem orgânica, havia o hábito de jogar restos de alimentos nas vielas e ruas e o desconhecimento de técnicas básicas de higiene.

As populações humanas, bem como os seus assentamentos, cresceram em número e tamanho, fato seguido de perto pelo aumento do volume dos resíduos sólidos e pela modificação das suas características físicas, químicas e biológicas.

Na Idade Média, a humanidade da época ficou exposta a várias doenças devido à precariedade do Saneamento Básico e, por conseguinte, ao contato com dejetos os mais variados e com vetores de doenças, particularmente ratos. O século XIV foi marcado pelo surgimento e disseminação de pragas, sendo a pior delas a Peste Negra. Estima-se que aproximadamente 20 milhões de pessoas, um terço da população europeia da época, tenham morrido em decorrência da doença (EIGENHEER, 2009, p. 47-48).

Ao final da Idade Média houve uma melhora do destino dos resíduos sólidos diminuindo os problemas de saúde gerados por eles. Eigenheer (2009, p. 70-71) aponta que a partir do século XIV foram criadas ações de saúde pública com o objetivo de tratar questões de saneamento e saúde nas cidades. Assim foi feito em Konstanz (1312) e em Veneza (1485), que serviram de exemplo para outras cidades.

Na segunda metade do século XIX aparecem as primeiras medidas sanitárias. O avanço da ciência possibilitou a compreensão da importância da qualidade da água para o consumo humano e da necessidade de se separar esgoto de resíduos sólidos. Eigenheer (2009, p. 70-71) apresenta concepções de tratamento de resíduos sólidos que foram aperfeiçoadas:

A fogueira inspira os incineradores. O primeiro a operar satisfatoriamente para lixo, segundo Hösel, foi construído em Londres, em 1875, pela firma Foyer. Em 1900 a Inglaterra já dispunha de 121 incineradores. O tradicional reaproveitamento feito pelos catadores traz o modelo das usinas de triagem (Bucarest em 1895 e München em 1898). A coleta seletiva de lixo inicia-se nos Estados Unidos e chega depois à Europa, ainda que de forma incipiente.

O autor, contudo, salienta que apesar das inovações e do aperfeiçoamento da limpeza urbana “a questão da destinação final continua muito precária, inclusive na Europa, até a segunda metade do século XX. Quase sempre, quando coletado, o destino do lixo era o mar, os rios e áreas limítrofes” (EIGENHEER, 2009, p. 71).

Eigenheer (2009, p. 75) afirma que, no final do século XIX e principalmente no século XX, a Alemanha apresenta significativo avanço nos serviços de limpeza urbana pelas soluções inovadoras que adotou, antes e depois da Segunda Guerra Mundial. Ainda hoje ela está à frente dos demais países desenvolvidos tendo, inclusive, influenciado o modelo de limpeza urbana proposto para a União Europeia.

Sobre o desenvolvimento da gestão de resíduos sólidos nos últimos 20 anos, nos países desenvolvidos, Demajorovic (1995) identifica três momentos importantes. Até o início da década de 70, prevalece uma preocupação com a disposição final de resíduos sólidos. A partir da década de 80, a promoção da recuperação e reciclagem dos materiais passou a ser prioridade. No final da década de 80, novas prioridades foram estabelecidas nos países desenvolvidos e o foco passou a ser a redução do volume de resíduos em todo o processo produtivo. Foi estabelecido que, ao invés de serem reciclados, os resíduos seriam reutilizados. Produtos que apresentassem dificuldade em processos de reciclagem deveriam ser devolvidos aos fabricantes, sendo eles os responsáveis por seu tratamento e disposição final. Se nada disso fosse possível, antes de depositá-los em aterros sanitários, a energia presente deveria ser recuperada, por meio de incineradores.

No que se refere à história e à evolução da gestão de resíduos sólidos no Brasil, Eigenheer (2009, p. 93) considera que há dificuldades para se estabelecer um panorama amplo e sistemático da questão da limpeza urbana, pois trata-se de um país continental que se desenvolveu de forma muito desigual.

No entanto, é possível identificar passagens marcantes que demonstram a evolução da gestão de resíduos sólidos no Brasil a partir de fatos relevantes ocorridos em cidades que os registraram, como por exemplo, Rio de Janeiro e São Paulo.

Relatos de viajantes e documentos históricos revelam que o padrão higiênico das cidades brasileiras nos séculos XVI, XVII, XVIII e XIX era muito insatisfatório (EIGENHEER, 2009, p. 94).

Nas cidades do litoral, caso do Rio de Janeiro, assentadas em regiões excessivamente úmidas, com o lençol freático muito alto, não era possível enterrar o lixo na área das residências ou em suas imediações. Por esta razão, os dejetos eram despejados no mar, conforme ilustrado na Figura 12 (EIGENHEER, 2009, p. 99-100).

Figura 12 – Transferência de lixo na praia do Flamengo.



Fonte: Augusto Malta, Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro apud Eigenheer, (2009, p. 106-107).

Uma passagem marcante da história da gestão de resíduos sólidos no Brasil, ocorrida no Rio de Janeiro, é citada por Monteiro (2001, p. 1):

No Brasil, o serviço sistemático de limpeza urbana foi iniciado oficialmente em 25 de novembro de 1880, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Nesse dia, o imperador D. Pedro II assinou o Decreto nº 3024, aprovando o contrato de "limpeza e irrigação" da cidade, que foi executado por Aleixo Gary e, mais tarde, por Luciano Francisco Gary, de cujo sobrenome origina-se a palavra *gari*, que hoje denomina-se os trabalhadores da limpeza urbana em muitas cidades brasileiras.

Miziara (2008, p. 1-7) narra que na São Paulo do início do século XIX, a preocupação com a limpeza concentrava-se no espaço público e em momentos festivos; não existia ainda um sistema técnico. O trabalho de recolhimento da sujeira era realizado pelos excluídos da sociedade: negros e mulatas forras, escravos e detentos condenados às galés. Contudo, em meados do século XIX, a cidade encontrava-se ameaçada por epidemias. Não demorou muito para que a preocupação com o lixo produzido nos eventos festivos cedesse lugar à percepção de que a ausência de cuidados sanitários, tanto no espaço público quanto no privado, estava vinculada ao surgimento das epidemias. O lixo tornou-se um perigo para a ordem e a saúde pública, um alvo de autoridades municipais e estaduais, o que as induziu à criação de normas para organizar os espaços da cidade, os locais de despejo dos restos e as formas de coleta.

Dentre as medidas para sanear a cidade destaca-se a coleta do lixo, a construção dos cemitérios, o alinhamento das ruas e das casas e a pavimentação de logradouros. Neste contexto, através do Ato nº 2, de 6 de maio de 1893, foi contratada uma empresa particular em São Paulo, a Mirtil Deutsch e Fernando Dreyfus, para a realização dos serviços de coleta domiciliar e de varrição, lavagem de ruas, limpeza de bueiros e bocas-de-lobo, incineração de lixo e limpeza de mercados. O contrato vigorou até 1913. Em 1894, foi promulgado o primeiro Código Sanitário do Estado, que apresentava procedimentos de higiene e saúde pública e regulamentava o espaço privado e o espaço público. O Código Sanitário foi a tentativa mais elaborada, naquele momento, de normatizar os costumes da população, o que influenciaria futuras leis e decretos municipais e acarretaria na construção de espaços específicos para os restos.

Entre 1900 e 1905, especificar os locais para amontoar os detritos já não era o bastante na Cidade de São Paulo. O uso de incineradores foi discutido e considerado como um método técnico capaz de transformar lixo em energia para algumas localidades de São Paulo (MIZIARA, 2008, p. 7). Em 1914 foi decretada a obrigatoriedade da utilização da lata de lixo, que seria substituída na década de 1970, pelo saco plástico (MIZIARA, 2008, p. 10-15).

A década de 70 é um marco para a história do lixo no Brasil. Nela, instituições públicas foram criadas e outras reformuladas para se encarregar dos restos. Além disso, uma campanha educativa nacional foi empreendida e veiculada, com o objetivo de combater o hábito de espalhar lixo em lugares públicos e incentivar os habitantes a colaborar com a limpeza pública (MIZIARA, 2008, p. 8-12). O protagonista da campanha denominada “Povo desenvolvido é povo limpo” era um sujeito chamado “Sujismundo”, criado por Ruy Perotti. O personagem era utilizado em filmes de publicidade para televisão e conquistou a simpatia dos brasileiros, apesar de seu comportamento reprovável (Figura 13).

Figura 13 – Campanha educativa desenvolvida na década de 70.



(a) a campanha.



(b) o personagem Sujismundo.

Fonte: (a) Estadão (2012); (b) Veja São Paulo (2018).

Eigenheer (2009, p. 102-103) conta que no Rio de Janeiro, em 1907, foi retomado o tema da incineração, uma constante até a década de 60, tal qual ocorreu em São Paulo, por volta do mesmo período. Ele assinala que, ao longo do século XX, foram introduzidas técnicas no tratamento de lixo, iniciando-se pela incineração e, posteriormente, experimentando-se usinas de triagem, compostagem e reciclagem. Mas, a iniciativa foi frustrada, porque não havia separação dos resíduos sólidos na fonte geradora, o que inviabilizava a obtenção de material reciclável de boa qualidade e gerava muito rejeito.

Os primeiros programas de coleta seletiva e reciclagem dos resíduos sólidos no Brasil começaram a partir de meados da década de 80, como alternativas inovadoras para a redução da geração dos resíduos sólidos domiciliares e estímulo à reciclagem.

Em 1985, foi implantado no bairro de São Francisco, Niterói (Rio de Janeiro), o primeiro projeto de coleta seletiva do Brasil (Figura 14a). Curitiba (Paraná), por sua vez, foi a primeira cidade brasileira a implantar o Sistema de Coleta de Lixo Seletivo, em 1988. A Figura 14b refere-se à coleta de materiais recicláveis em Curitiba – PR, em 2018.

Figura 14 – Primeiros programas de coleta seletiva de resíduos sólidos no Brasil.



(a) 1985

(b) 2018

Fonte: (a) Eigenheer (2009, p. 129); (b) Prefeitura de Curitiba (2018).

A partir do início da década de 90, iniciou-se a discussão a respeito de um marco legal para tratar a questão dos resíduos sólidos no Brasil, que culminou com a aprovação da PNRS, após vinte e um anos de discussões no Congresso Nacional (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019b). O Quadro 8 apresenta a trajetória da aprovação da lei, segundo uma linha de tempo.

Quadro 8 – Linha do tempo da aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

DATA	OCORRÊNCIA
1991	Projeto de Lei 203/1991, que dispõe sobre acondicionamento, coleta, tratamento, transporte e destinação dos resíduos de serviços de saúde.
30 de junho de 1999	Proposição do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 259, intitulada Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos. Aprovada pelo plenário do conselho, mas não chegou a ser publicada.
2001	Câmara dos Deputados cria e implementa a Comissão Especial da Política Nacional de Resíduos, com o objetivo de apreciar as matérias contempladas nos projetos de lei apensados ao Projeto de Lei 203/1991 e formular uma proposta substitutiva global. Com o encerramento da legislatura, a comissão foi extinta.
	Realizado em Brasília o 1º Congresso Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis, com 1.600 congressistas, entre catadores, técnicos e agentes sociais de 17 estados. Eles promoveram a 1ª Marcha Nacional da População de Rua, com 3.000 participantes.
2003	Em janeiro, foi realizado em Caxias do Sul, o I Congresso Latino-Americano de Catadores, que propôs formação profissional, erradicação dos lixões, responsabilização dos geradores de resíduos.
	Foi instituído o Grupo de Trabalho Interministerial de Saneamento Ambiental, a fim de promover a integração das ações de saneamento ambiental, no âmbito do governo federal. O grupo reestrutura o setor de saneamento e seu trabalho resulta na criação do Programa Resíduos Sólidos Urbanos.
	Realizada a I Conferência de Meio Ambiente.
2004	Ministério do Meio Ambiente (MMA) promove grupos de discussões interministeriais e de secretarias do ministério para elaboração de proposta para a regulamentação dos resíduos sólidos.
	Em agosto, o CONAMA realiza o seminário Contribuições à Política Nacional de Resíduos Sólidos, com objetivo de ouvir a sociedade e formular nova proposta de projeto de lei, pois a Proposição CONAMA nº 259 estava defasada.
2005	Criado o grupo interno na Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos do MMA, para consolidar as contribuições do referido seminário, os anteprojetos de lei existentes no Congresso Nacional e as contribuições dos diversos atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos.
	Encaminhado Anteprojeto de Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, debatido com os Ministérios das Cidades; da Saúde, mediante sua Fundação Nacional de Saúde (FUNASA); do Desenvolvimento; Indústria e Comércio Exterior; do Planejamento, Orçamento e Gestão; do Desenvolvimento Social e Combate à Fome; e da Fazenda.
	Realizada a II Conferência Nacional de Meio Ambiente, para consolidar a participação da sociedade na formulação de políticas ambientais. Um dos temas prioritários foram os resíduos sólidos.
	Realizados seminários regionais de resíduos sólidos, promovidos pelo CONAMA, Ministério do Meio Ambiente, Ministério das Cidades, FUNASA, Caixa Econômica Federal e, ainda, debates com a Confederação Nacional das Indústrias (CNI), Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária (ABES), Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) e com outras entidades e organizações afins, tais como: Fórum Lixo & Cidadania e Comitê Interministerial de Inclusão Social dos Catadores de Lixo.
	Instituída a nova Comissão Especial na Câmara dos Deputados.
2006	Aprovado relatório do deputado Ivo José, que trata do Projeto de Lei 203/1991 acrescido da liberação da importação de pneus usados no Brasil.

2007	Executivo propõe, em setembro, o projeto de lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, onde se considerou o estilo de vida da sociedade contemporânea que, aliado às estratégias de marketing do setor produtivo, levam a um consumo intensivo, provocando uma série de impactos ambientais, à saúde pública e sociais, incompatíveis com o modelo de desenvolvimento sustentável que se pretende implantar no Brasil.
	O Projeto de Lei 1991/2007 apresenta forte inter-relação com outros instrumentos legais na esfera federal, tais como: a Lei de Saneamento Básico (Lei nº11.445/2007); e a Lei dos Consórcios Públicos (Lei nº11.107/1995) e seu Decreto Regulamentador nº. 6.017/2007. De igual modo, está inter-relacionado com as Políticas Nacionais de Meio Ambiente, de Educação Ambiental, de Recursos Hídricos, de Saúde, Urbana, Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior, bem como as que promovem inclusão social.
	O texto é finalizado e enviado à Casa Civil.
	Constituído o grupo técnico denominado GTRESID, para analisar subemenda substitutiva proposta pelo relator, deputado Arnaldo Jardim, que envolveu reuniões com a Casa Civil.
2008	Realizadas audiências públicas, com a contribuição da CNI, da representação de setores interessados, do Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis e dos demais membros do GTRESID.
2009	Em junho, uma minuta do Relatório Final foi apresentada para receber contribuições adicionais.
2010	No dia 11 de março, o plenário da Câmara dos Deputados aprovou em votação simbólica um substitutivo ao Projeto de Lei nº 203/1991 do Senado, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e impõe obrigações aos empresários, aos governos e aos cidadãos no gerenciamento dos resíduos.
	Depois o projeto seguiu para o Senado. Foi analisado em quatro comissões e no dia 7 de julho foi aprovado em plenário.
	No dia 2 de agosto, o presidente Luiz Inácio Lula da Silva, em cerimônia no Palácio do Itamaraty, sancionou a lei que cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
	No dia 3 de agosto foi publicada no Diário Oficial da União a Lei nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências.
	No dia 23 de dezembro foi publicado no Diário Oficial da União o Decreto nº 7.404, que regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.
Também no dia 23 foi publicado o Decreto nº 7405, que institui o Programa Pró-Catador, denomina Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis, o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo, criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências.	

Fonte: Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2019b).

A seção seguinte apresenta e comenta o referido instrumento legal, cujo conhecimento e compreensão são fundamentais para a definição de modelos de gestão e para a estruturação de processos de gerenciamento de resíduos sólidos.

3.3.1 O marco legal

A PNRS, instituída pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, trata dos princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, responsabilidades dos geradores e do poder público e dos instrumentos econômicos aplicáveis, relativos à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, inclusive dos perigosos. Seu advento apontou a necessidade de articulação institucional envolvendo os três entes federados (União, Estados e Municípios), o setor produtivo e a sociedade em geral, na busca de soluções para os problemas referentes aos resíduos sólidos.

São pontos importantes da PNRS: (I) o estabelecimento de Acordo Setorial, firmado entre o poder público e fabricantes, importadores, distribuidores ou comerciantes, tendo em vista a implantação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto¹⁷; (II) a viabilização da coleta seletiva para permitir ações de logística reversa; (III) a criação e alimentação do Sistema de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR); (IV) a inclusão e fortalecimento de organizações de catadores de materiais recicláveis; e (V) a elaboração de planos de resíduos sólidos (BRASIL, 2010a).

Dentre estas citações, merece comentário, por estar diretamente relacionada à temática da pesquisa, a definição de logística reversa, encontrada no título I, capítulo II, artigo 3º da PNRS:

XII - Logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010a).

A logística reversa deveria vigorar a partir de 2014 e estar implantada em todo país até o ano de 2015. Porém, encontram-se efetivamente implantados, apresentando resultados expressivos e publicamente disponibilizados os seguintes sistemas para retorno de produtos, embalagens e seus resíduos: embalagens de agrotóxicos; embalagens plásticas de óleos lubrificantes; pneus inservíveis; e embalagens em geral (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2017).

¹⁷ O ciclo de vida de um produto pode ser entendido como a sua história completa, desde o seu surgimento até o seu descarte, compreendendo as seguintes fases: introdução, crescimento, maturidade e declínio. No sistema linear prevalece a obsolescência programada, ou seja, os produtos são intencionalmente projetados para serem retirados do mercado após um determinado tempo, criando e mantendo, assim, um ciclo de consumo.

A logística reversa apresenta as seguintes vantagens para a sociedade e o meio ambiente: (I) o retorno de resíduos sólidos para as empresas de origem, evitando a contaminação ambiental; (II) a economia nos processos produtivos das empresas, uma vez que os resíduos sólidos entram novamente na cadeia produtiva, diminuindo o consumo de matérias-primas; (III) a criação de um sistema de responsabilidade compartilhada para o destino dos resíduos sólidos; (IV) o estímulo ao uso de tecnologias mais limpas e de embalagens e produtos que sejam mais facilmente recicláveis.

A função de cada setor no sistema de logística reversa é definida da seguinte maneira: os consumidores devolvem os produtos que não são mais usados em locais especificados para coleta; os comerciantes providenciam estes locais; as indústrias retiram os produtos para reutilizá-los ou reciclá-los; o governo cria campanhas de educação e sensibilização para os consumidores, instrumentos legais e de incentivo econômico e fiscaliza o sistema.

Em seu título III, onde se trata das diretrizes aplicáveis aos resíduos sólidos, no capítulo I, artigo 9º, a PNRS estabelece que tanto na gestão quanto no gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010a). Esta ordem é compatível com a escada de Lansink¹⁸. Nela, é sugerida uma ordem hierárquica constituída dos seguintes passos: A) Prevenção; B) reuso; C) reciclagem; D) produção de energia; E) combustão; e F) disposição final (Figura 15).

Figura 15 – A escada de Lansink.



Fonte: Lansink (2018).

¹⁸ Ideia concebida em 1979 pelo político holandês Ad Lansink, adotada como padrão no campo da gestão de resíduos sólidos e incorporada na legislação holandesa em 1994. Serviu como base para elaboração da Diretiva Quadro Resíduos da União Europeia.

Esta ordem de prioridade deve ser observada por todos os entes federados quando da elaboração dos planos de resíduos sólidos, cuja obrigatoriedade está estabelecida no título III, capítulo II, seção II a IV da PNRS. Desta forma, cabe à união a elaboração do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), aos estados e ao Distrito Federal a dos Planos Estaduais de Resíduos Sólidos (PERS) e aos municípios a dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Ressalta-se que a todos cabe ainda a tarefa de promover a erradicação de lixões e a implantação de soluções de disposição final ambientalmente adequada.

A elaboração do PLANARES iniciou-se em 2011 e terminou em agosto de 2012. Em observância das diretrizes postas pela PNRS, o capítulo V determinou metas que se esperava alcançar durante a implantação do PLANARES (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012a, p. 82-95). Entre as seis metas referentes aos RSU, destaca-se a proposição de eliminação total dos lixões até 2014, que não foi cumprida.

No que diz respeito ao Estado de Goiás, o contrato nº 013/2013, firmado entre a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Cidades, Infraestrutura e Assuntos Metropolitanos (SECIMA) e a Fundação de Apoio à Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (FUNAPE/UFG) viabilizou a elaboração do plano estadual. Pretende-se por meio do PERS de Goiás oferecer orientação para que os municípios possam planejar e executar a coleta seletiva dos resíduos sólidos e a construção de unidades de triagem para as associações e cooperativas de catadores; ainda, incentivar indústrias de reciclagem a se instalem no território goiano, a fim de baratear o processo de reciclagem. Quanto aos resíduos sólidos de alto risco de impacto ambiental, indicou-se no plano que sejam retornados à indústria responsável, por meio da logística reversa. Os resíduos sólidos orgânicos, por sua vez, deverão ser destinados à compostagem doméstica ou municipal, sendo o composto orgânico resultante do processo, destinado à manutenção do paisagismo nas cidades. Espera-se que a consolidação da compostagem, da logística reversa e da reciclagem em Goiás resulte na sustentabilidade dos aterros que, desta forma, passariam a receber somente os rejeitos. Estão previstas também, ações de Educação Ambiental (ESTADO DE GOIÁS, 2015).

Na esfera municipal goiana, na prática, o que vem ocorrendo é uma busca por parte da maioria dos municípios por recursos financeiros para a implantação de unidades de disposição final, principalmente aterros sanitários. Não há uma preocupação com as áreas que, até o presente momento, são receptoras de resíduos sólidos e rejeitos, quer sejam elas regulares ou irregulares e que são passivos ambientais requerendo solução. Não há um entendimento a respeito da necessidade de reduzir o volume de resíduos sólidos e rejeitos destinados aos aterros e nem da elaboração dos planos de resíduos sólidos.

A PNRS, ao estabelecer definições, normas e diretrizes para o planejamento, para a gestão e para o gerenciamento dos resíduos sólidos, constituiu-se em importante marco legal brasileiro para o trato da temática em tela. Contudo, relata-se duas observações. A primeira: existem dificuldades generalizadas para cumprir a PNRS, referentes à elaboração, implantação e gestão dos planos de resíduos sólidos, principalmente no que diz respeito ao cumprimento de metas e prazos estipulados. A segunda: embora a vigência da lei seja relativamente recente, quando comparada ao paradigma proposto pela Economia Circular, objeto de discussão do capítulo 4, revela-se certa obsolescência, requerendo um esforço para atualizar e adequar o instrumento legal.

Stival (2018) estudando as estratégias de implantação da Economia Circular, notou que os instrumentos legais são necessários para que os seus princípios sejam legitimados e, desta forma, possam ser colocados em prática.

Neste sentido, realizou um estudo comparativo entre as políticas públicas brasileiras voltadas para a Gestão Ambiental e os princípios da Economia Circular, com o objetivo de identificar interfaces entre ambos. A autora concluiu que a presença dos princípios da Economia Circular nos instrumentos legais e de Gestão Ambiental pública analisados é tímida e que a adequação dos mesmos é necessária para que o país possa acompanhar as tendências econômicas mundiais.

Dentre os instrumentos legais estudados por Stival (2018), destaca-se a análise da PNRS. A autora observou que vários artigos e incisos remetem aos cinco princípios da Economia Circular, porém superficialmente, não abrangendo por completo os pressupostos da Economia Circular. Ela ressalta ainda que a logística reversa é o instrumento mais citado no referido texto legal. É importante destacar que a logística reversa está diretamente relacionada à Economia Circular, porque é através dela que se dá a alimentação dos ciclos técnicos e biológicos.

O Quadro 9 apresenta a relação entre os artigos da PNRS e os princípios da Economia Circular, apontados por Stival (2018) como sendo os mais relevantes.

Quadro 9 – PNRS e os princípios da Economia Circular.

EC	P1		P2		P3		P4		P5	
	Artigo	Incisos	Artigo	Incisos	Artigo	Incisos	Artigo	Incisos	Artigo	Incisos
PNRS ARTIGOS E INCISOS	7º	II VI					6º	III V VII VIII	6º	VIII
	9º	-	6º	V	7º	IV	7º	II IV VI VII VIII XI XII XIII XIV	7º	VI XIV
							8º	III IV VI		
							9º	-		
Princípios da Economia Circular (EC): P1 Projetar sem desperdício; P2 Criar Resiliência através da diversidade; P3 Dependere de energias renováveis; P4 Pensar sistemicamente; P5 Converter desperdício em nutriente						(-) O artigo não possui incisos.				

Fonte: Stival (2018).

A próxima seção apresenta o cenário brasileiro relativo à gestão de RSU na atualidade. Percorrido um longo caminho de aprendizado e evolução, no qual houve erros e acertos, e que culminou na promulgação da PNRS, qual é o modelo de referência adotado pelos municípios brasileiros para planejar e realizar a gestão de RSU no presente? Na seção seguinte, apresentase este modelo e o seu respectivo processo de gerenciamento.

3.3.2 A gestão atual

A administração é um todo do qual participam a gestão e o gerenciamento. A gestão está relacionada à estratégia e o gerenciamento à operação. Ambos integram um sistema e viabilizam a administração (SILVA, 2001).

Por isso, a PNRS no título I, capítulo II, artigo 3º (BRASIL, 2010a), faz uma diferenciação conceitual entre os termos Gestão e Gerenciamento:

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - gestão integrada de resíduos sólidos: conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável.

Percebe-se que o termo “gerenciamento” possui uma conotação executiva e está diretamente relacionado às atividades de prestação do serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Refere-se, portanto, às soluções técnicas, estruturais e de engenharia.

Por outro lado, a palavra “gestão” aparece com uma conotação política e institucional, associada às dimensões que permeiam o ato de planejar, conceber, implantar e gerir sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, considerando a participação dos diversos setores da sociedade, norteando-se pelo conceito de Desenvolvimento Sustentável.

Visto desta forma, a gestão antecede o gerenciamento e este último é parte integrante do conjunto dos elementos que compõem o sistema de gestão. No âmbito do planejamento, ao considerar as interfaces ambientais, sociais, culturais, econômicas e políticas na busca de soluções para a problemática dos resíduos sólidos, a gestão determina os caminhos a serem percorridos pelo gerenciamento.

Segundo Lima (2000, p. 21-22) são elementos indispensáveis para a gestão de resíduos sólidos: (I) o reconhecimento dos diversos agentes sociais envolvidos, a identificação dos papéis por eles desempenhados e a promoção da sua articulação; (II) a consolidação da base legal necessária e dos mecanismos que viabilizem a implementação das leis; (III) os mecanismos de financiamento para a auto sustentabilidade das estruturas da gestão e do gerenciamento; (IV) a informação à sociedade, empreendida tanto pelo poder público quanto pelos setores produtivos envolvidos, para que haja um controle social; e (V) um sistema de planejamento integrado, orientando as políticas públicas para o setor.

Assim considerado, pode-se concluir que a gestão de resíduos sólidos:

- a) é determinada por um modo de pensar, abordar e resolver a problemática em tela, ou seja, por um modelo de referência. Este último é escolhido em função de objetivos a serem atingidos, ou simplesmente porque é algo convencional e aceito como sendo a melhor prática;

- b) é expressa em um sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos. Definir este sistema é basicamente fazer escolhas que exprimem motivações e determinam metas, objetivos, estratégias, atividades, responsabilidades e recursos;
- c) é operacionalizada pelo gerenciamento que, por sua vez, é estruturado por um processo, no qual são efetuadas atividades e tarefas interligadas logicamente com o objetivo de afastar, coletar e destinar os resíduos sólidos. As técnicas e procedimentos inerentes ao gerenciamento, surgirão em função das escolhas feitas no planejamento e na concepção do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos.

Lima (2000, p. 21-22) explica que o planejamento da gestão de resíduos sólidos envolve, fundamentalmente, três aspectos que devem ser articulados: instrumentos legais, mecanismos de sustentabilidade e arranjos institucionais. Discute-se, em sequência, estes aspectos.

A prestação do serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos ocorre através de um sistema, planejado e concebido no âmbito de um plano, que determinará um processo para operacionalizar a gestão de resíduos sólidos.

Um plano de resíduos sólidos fundamenta-se em leis, decretos, resoluções e normas, oriundas da esfera federal, estadual e municipal (leis orgânicas e demais instrumentos legais locais). Uma vez definido e aprovado, o plano também passa a ser um instrumento legal municipal, que orientará o comportamento do poder público municipal e da população no tocante à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, estabelecendo assim um sistema de gestão.

Segundo Monteiro (2001, p. 20) há três vertentes legislativas importantes para a instrumentalização do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos:

- a primeira, de ordem política e econômica, estabelece as formas legais de institucionalização dos gestores do sistema e as formas de remuneração e cobrança dos serviços;
- a segunda, conformando um código de posturas, orienta, regula, dispõe procedimentos e comportamentos corretos por parte dos contribuintes e dos agentes da limpeza urbana, definindo ainda processos administrativos e penas de multa;
- a terceira vertente compõe o aparato legal que regula os cuidados com o meio ambiente de modo geral no país e, em especial, o licenciamento para implantação de atividades que apresentem risco para a saúde pública e para o meio ambiente.

Os serviços públicos de Saneamento Básico, dentre os quais se encontra a componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, precisam ter a sustentabilidade econômica e financeira assegurada, sempre que possível, pela remuneração dos serviços. Logo, poderão ser instituídos mecanismos de sustentabilidade, tais como: tarifas, preços públicos e taxas, para

assegurar tanto o equilíbrio econômico e financeiro dos contratos, como a modicidade tarifária, mediante mecanismos que induzam à eficiência e eficácia dos serviços e que permitam a apropriação social dos ganhos de produtividade. Cabe ao ente regulador, observada a política tarifária instituída em lei do titular, editar as normas de execução dos aspectos econômicos e financeiros da prestação dos serviços, entre os quais os relativos ao regime, estrutura e níveis tarifários (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011a, p. 46-48).

Os arranjos institucionais definem a forma de administração. Ou seja, envolvem os acordos e contratos entre agentes públicos ou privados, firmados para estabelecer: a cooperação ou a competição em uma dada situação; a coordenação e a execução de um conjunto específico de serviços públicos; e, ainda, as relações entre o setor público e o privado na gestão destes serviços públicos.

Existem três formas de prestação dos serviços de Saneamento Básico previstas em lei: a prestação direta; a prestação indireta, mediante delegação por meio de concessão, permissão ou autorização¹⁹; e a gestão associada²⁰, conforme mostra a Figura 16 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011b, p. 231). A gestão dos serviços de Saneamento Básico²¹ resultará da opção municipal por uma destas formas ou por uma combinação delas.

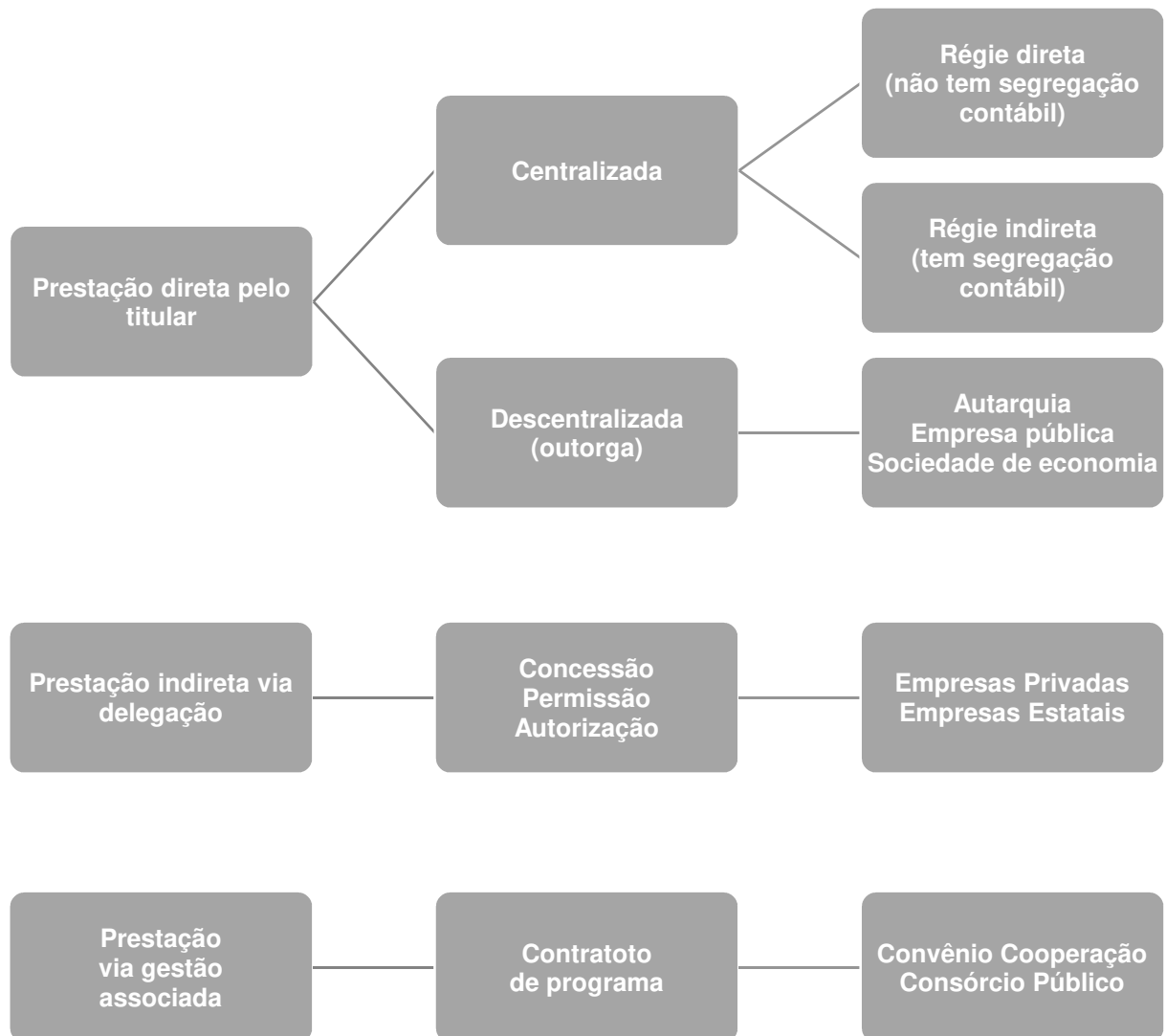
As formas apresentadas na Figura 16 se aplicam à gestão de todas as componentes do Saneamento Básico. Portanto, o município decidirá como será prestado o serviço de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, bem como estabelecerá os instrumentos legais e os mecanismos de sustentabilidade, institucionalizando, desta maneira, um sistema municipal.

¹⁹ Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências.

²⁰ Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e o Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007 que a regulamenta.

²¹ A gestão do serviço de Saneamento Básico foi dividida em quatro tipos de serviços: abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza pública e manejo de resíduos sólidos; drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Figura 16 – Formas de prestação dos serviços de Saneamento Básico.



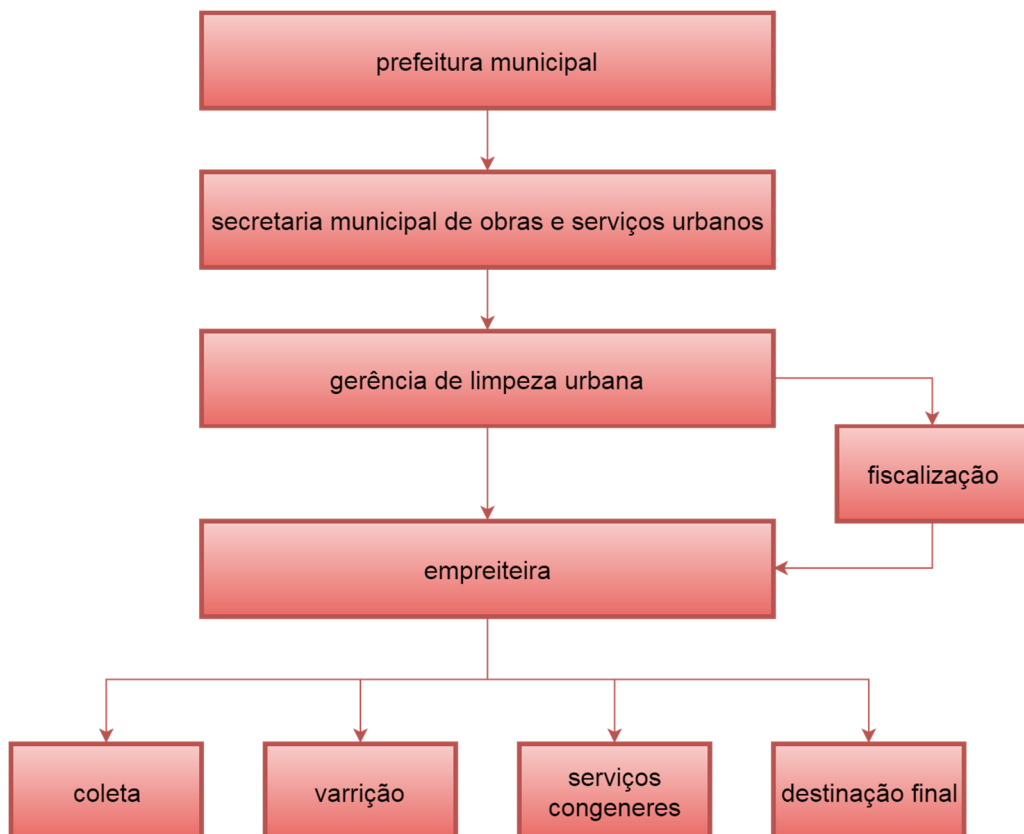
Fonte: adaptado de Ministério das Cidades (2011b, p. 231).

No que se refere às formas de prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos nos municípios brasileiros, Lima (2000, p. 22-26) apontou que eles desenvolvem “um modelo de gestão próprio, ainda que de forma rudimentar e experimental”. O autor também esquematizou cinco modelos de gestão, apontando o “modelo convencional” como o mais comumente adotado pelos municípios no Brasil (Figura 17a), seguido de uma variação deste onde ocorre a prestação indireta do serviço (Figura 17b).

Figura 17 – Modelo de gestão de resíduos sólidos convencional.



(a) modelo de gestão de resíduos sólidos convencional com prestação direta do serviço.



(b) modelo de gestão de resíduos sólidos convencional com prestação indireta do serviço.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010b) corroborou a observação do referido autor ao apresentar o número de entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos, por natureza jurídica destas entidades (Quadro 10 e Figura 18).

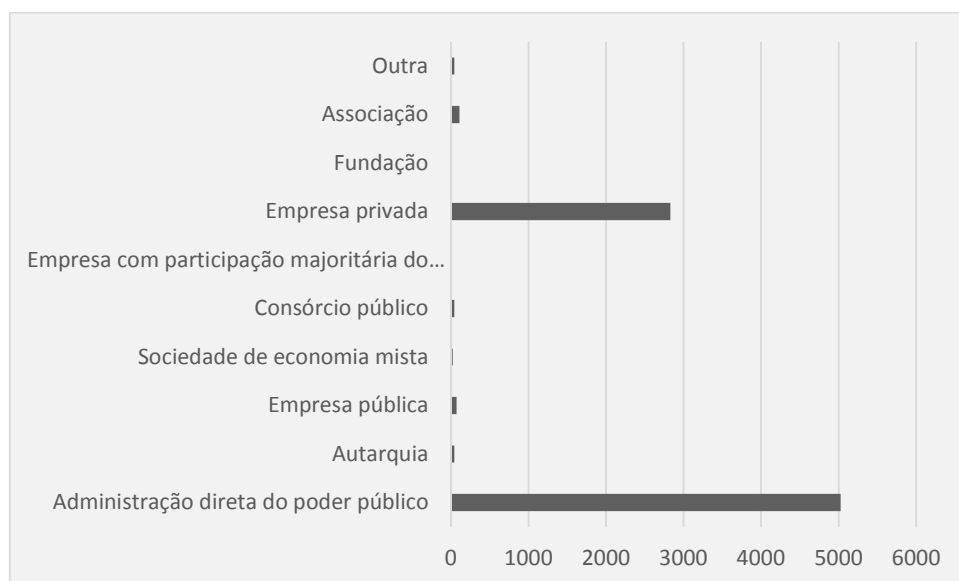
Quadro 10 – Número de entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos, por natureza jurídica.

Natureza jurídica das entidades prestadoras de serviço	Unidades
Administração direta do poder público	5027
Autarquia	44
Empresa pública	72
Sociedade de economia mista	23
Consórcio público	46
Empresa com participação majoritária do poder público	–
Empresa privada	2830
Fundação	10
Associação	112
Outra	44

Legenda:
Variável - Número de entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos (Unidades);
Brasil, ano 2008.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010b).

Figura 18 – Gráfico representativo do número de entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos, por natureza jurídica.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010b).

Observa-se que prevalece a administração direta pelo poder público, sendo 5.027 entidades prestadoras de serviços de manejo de resíduos sólidos. Em segundo lugar aparece a prestação indireta do serviço por empresas privadas, sendo 2.830 entidades. As demais formas de prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos nos municípios brasileiros, se comparadas a estas duas, são pouco empregadas.

A gestão de RSU é também fruto de intenções, ou seja, é preciso determinar se a meta da administração pública é a destinação ambientalmente correta de resíduos sólidos ou se é somente a disposição final.

Barros (2012, p. 165-167) analisou o destino dos resíduos sólidos no modelo de referência adotado pelos municípios brasileiros e constatou que, apesar dos esforços feitos e dos resultados alcançados ao longo do tempo, prevalece a gestão de RSU orientada para a disposição final.

Barros (2012, p. 165-167) demonstrou que no atual modelo de referência existem duas alternativas à disposição final de resíduos sólidos em aterros ou em lixões.

A primeira delas é a segregação na fonte geradora, ou em uma unidade de beneficiamento, dos diversos componentes existentes no lixo, visando a sua reciclagem e reaproveitamento; ou a compostagem, no caso dos resíduos sólidos orgânicos. Ambas promovem a redução do volume a ser aterrado e a reintrodução de materiais nos circuitos de produção e consumo.

A segunda alternativa é incinerar, também com o objetivo de reduzir o volume, porém acrescida da inertização dos resíduos e, se possível, com recuperação de energia.

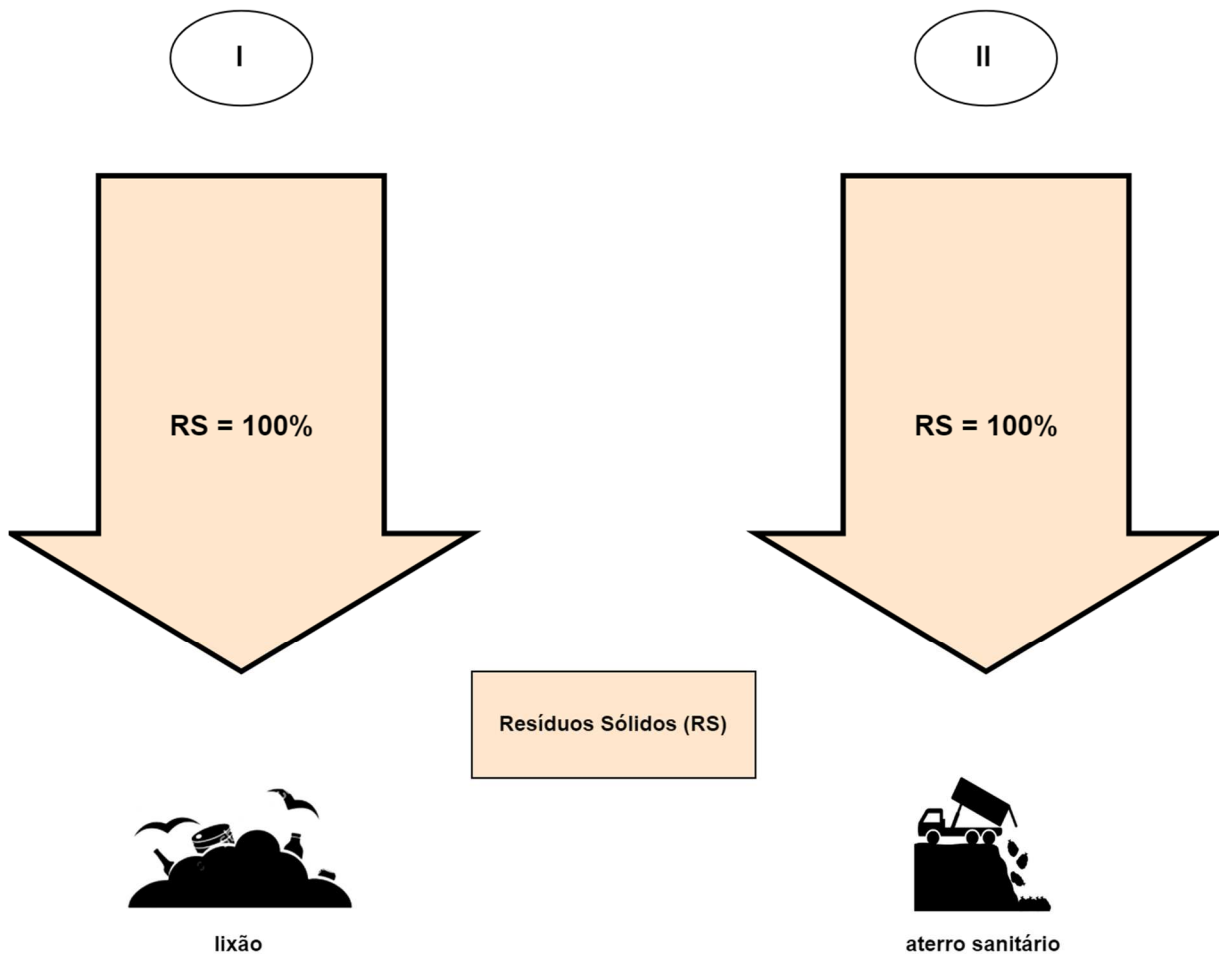
As figuras 19 e 20 ilustram a evolução do modelo de referência a partir da inserção de alternativas com potencial para desviar resíduos sólidos das áreas de disposição final, no processo de gerenciamento.

Na Figura 19, a situação (I) representa a pior situação possível, onde os resíduos sólidos são coletados e transbordados em um lixão, sem controle de operação, funcionamento e fechamento (BARROS, 2012, p. 165-167). Embora inadmissível, esta situação ainda é a realidade em países subdesenvolvidos e é também o caso de muitos municípios brasileiros, conforme apontado anteriormente.

Ainda na Figura 19, na situação (II), embora a quantidade total coletada seja encaminhada também para a disposição final, há um avanço com relação à situação anterior, pois os resíduos são transbordados em um aterro sanitário (BARROS, 2012, p. 165-167).

Conforme já explicitado, aterros sanitários são passivos ambientais, portanto, não são uma solução ótima mas, sim, uma resposta técnica e legalmente adequada, na ausência de outra que a substitua em termos de qualidade e viabilidade.

Figura 19 – Evolução da gestão de resíduos sólidos, situações (I) e (II).



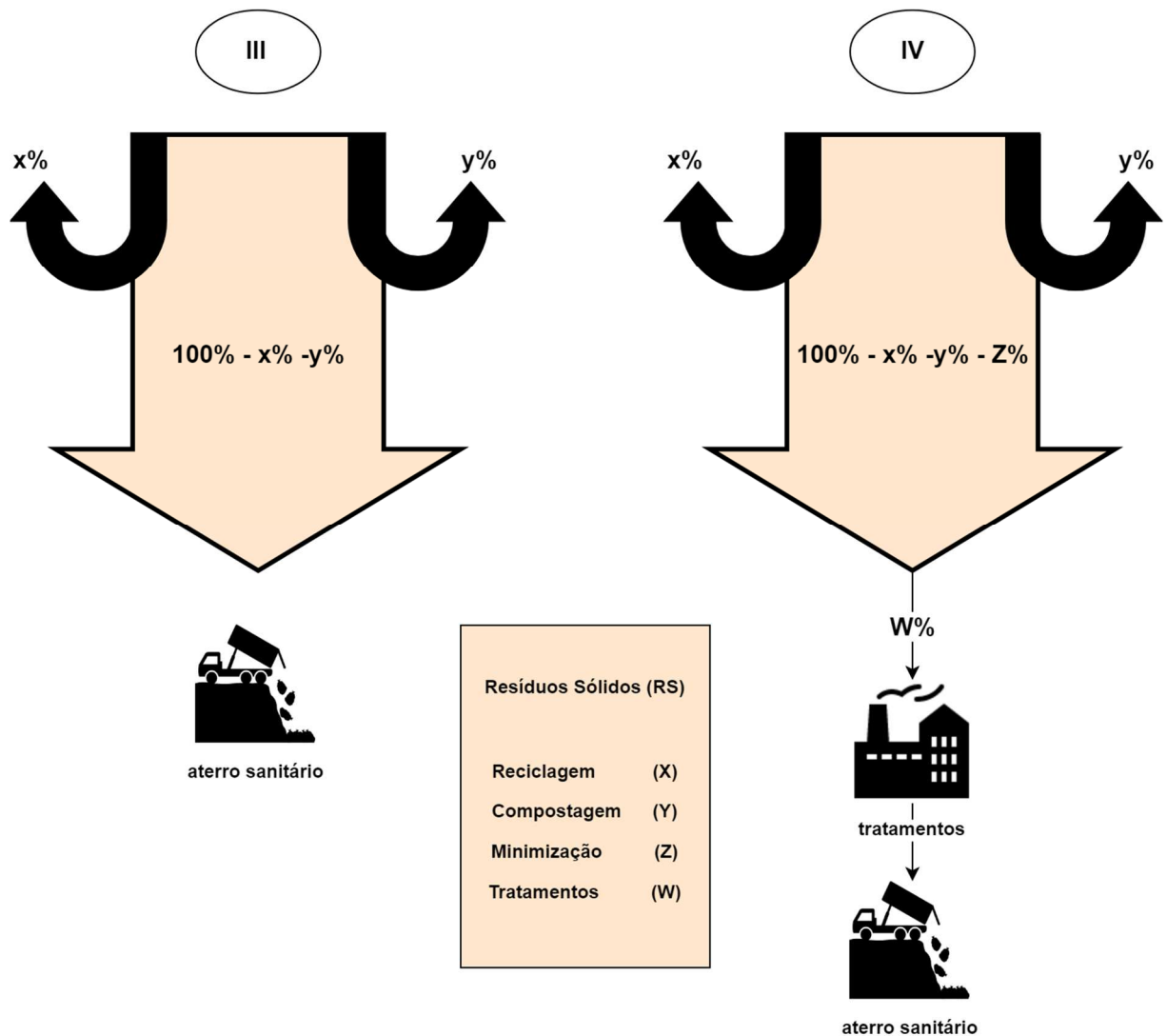
Fonte: adaptado de Barros (2012, p. 166).

Na Figura 20, a situação (III) ilustra um modelo ainda mais desejável, com parcelas significativas de resíduos sólidos sendo recicladas ($X\%$) e compostadas ($Y\%$). Desta forma, a quantidade de resíduos sólidos encaminhados para disposição final em aterro sanitário diminui gradativamente, na medida em que aumenta a parcela reciclada, bem como a compostada (BARROS, 2012, p. 165-167).

Na quarta situação (IV), também na Figura 20, existe a redução da quantidade de resíduos sólidos na fonte geradora ou em outras etapas do processo de consumo ($Z\%$). Ainda, os resíduos sólidos passam por alguma forma de tratamento, compatível com a sua natureza ($W\%$). As práticas de reciclagem ($X\%$) e compostagem ($Y\%$) são mantidas. Logo, a quantidade de resíduos sólidos a ser encaminhada para a disposição final é reduzida, tanto porque menos lixo foi gerado nos processos de consumo, quanto porque uma parcela deles foi tratada, reduzindo, assim, massa e volume.

Neste contexto, ocorre uma combinação de alternativas que foram inseridas no processo de gerenciamento para favorecer a valorização dos resíduos sólidos. A situação (IV) pressupõe um nível mais avançado de organização dos serviços de limpeza pública, bem como da sociedade como um todo. Nele, ocorre a participação dos usuários no sistema de gestão e no processo de gerenciamento (BARROS, 2012, p. 165-167).

Figura 20 – Evolução da gestão de resíduos sólidos, situações (III) e (IV).



Fonte: adaptado de Barros (2012, p. 166).

A sequência de figuras acima apresentou, esquematicamente, a evolução do modelo de referência através da inserção de alternativas de destinação final no processo de gerenciamento. Isto não quer dizer que todos os municípios do mundo estejam realizando a gestão e operando o gerenciamento dos seus resíduos sólidos segundo o modelo de referência retratado na situação IV.

No caso dos municípios brasileiros, basta uma rápida leitura dos dados do IBGE (2010b) e da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2017), das páginas de imprensa, ou mesmo do cotidiano e da paisagem urbana, para perceber que todas as situações descritas estão representadas em todo o território nacional.

Os municípios onde predomina a situação IV podem ser consideradas como aqueles nos quais a gestão de RSU mais avançou no Brasil, contudo, sem conseguir fechar todos os ciclos. Neles, embora a destinação final seja, em parte, diferente da disposição final, em função da valorização e do aproveitamento de determinados tipos e quantidades de resíduos sólidos, a gestão de RSU ainda se baseia em um modelo de referência linear.

3.3.2.1 O processo de gerenciamento atual

A prestação dos serviços de limpeza urbana resultará em um volume de resíduos sólidos a ser manejado e, principalmente, destinado de alguma maneira, para algum lugar.

Assim, uma vez escolhido o modelo de referência, planeja-se o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos e cria-se uma estrutura para o gerenciamento deles, empregando as melhores técnicas para enfrentar a questão.

A solução do problema dos resíduos sólidos envolve uma complexa relação interdisciplinar, abrangendo os aspectos políticos e geográficos, o planejamento local e regional, elementos de sociologia e demografia, entre outros (LIMA, 2000, p. 22).

Embora o gerenciamento guarde determinadas peculiaridades, concernentes aos lugares e às características dos resíduos sólidos neles gerados, em geral, ele se estrutura segundo um processo, onde há etapas compostas por atividades e tarefas específicas.

A PNRS (BRASIL, 2010a) reconhece como etapas do processo de gerenciamento aquelas compreendidas entre a coleta e a disposição final (Figura 21).

Figura 21 – Processo de gerenciamento dos resíduos sólidos segundo a PNRS.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A descrição das etapas componentes do processo de gerenciamento, bem como a indicação dos autores que desenvolveram conceitos e conteúdos na área de Engenharia, encontra-se resumida no Quadro 11.

Embora a PNRS não inclua o acondicionamento como parte integrante do gerenciamento, entende-se que esta é uma etapa prévia e preparatória, principalmente quando o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos contempla a segregação e a coleta seletiva de resíduos e rejeitos.

Quadro 11 – descrição sucinta das etapas componentes do processo de gerenciamento.

Etapas	Descrição	Autores
Acondicionamento	Confinamento dos resíduos em recipientes e locais compatíveis com suas características físicas, químicas e biológicas, volume e condições preexistentes de coleta e transporte.	D'Almeida e Vilhena (2000, p. 45-76) Monteiro (2001, p. 45-57)
Coleta	Etapa onde ocorre o recolhimento dos resíduos acondicionados.	D'Almeida e Vilhena (2000, p. 45-76) Monteiro (2001, p. 61-84) Barros (2012, p. 98-128)
Transporte	Deslocamento dos resíduos de um ponto ao outro, segundo um percurso estabelecido.	D'Almeida e Vilhena (2000, p. 45-76) Monteiro (2001, p. 61-84) Barros (2012, p. 129)
Transbordo	Descarga dos resíduos sólidos coletados.	Barros (2012, p. 149-162) Monteiro (2001, p. 85-88)
Tratamento	Emprego de processos que alteram as características, composição ou propriedades dos materiais, para possibilitar a destinação, a disposição final ou, simplesmente, a sua destruição.	Monteiro (2001, p. 119-139) Tchobanoglous (1993, p. 90-97)
Destinação final	Aproveitamento de resíduos para compostagem, reutilização, reciclagem, recuperação energética ou outras destinações admitidas pelos órgãos ambientais, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.	D'Almeida e Vilhena (2000, p. 91-199) Monteiro (2001, p. 119-139) Barros (2012, p. 253-331) Brasil (2010)
Disposição final	Distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.	D'Almeida e Vilhena (2000, p. 251-290) Monteiro (2001, p. 149-192) Barros (2012, p. 163-238) Brasil (2010)

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

3.4 O desafio municipal

Embora a PNRS, no título II, capítulo II, artigo 6º, inciso VI apresente como princípio “a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade”, no Brasil, a organização e a prestação dos serviços públicos de interesse local, entre eles o saneamento, é prerrogativa dos municípios, reconhecida pela Constituição Federal de 1988, no seu artigo 30, inciso V, segundo o qual compete aos municípios “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local”. Logo, a administração pública municipal, por ser a esfera de governança mais próxima da população, é a responsável direta pela gestão e pelo gerenciamento dos RSU.

Esta prerrogativa é reforçada pela Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico e disciplinou o exercício, pelos titulares, das funções de gestão dos seguintes serviços: abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza pública e manejo dos resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Ainda segundo esta lei, a gestão destes serviços envolve quatro funções: o planejamento, a regulação, a fiscalização e a prestação dos serviços, devendo-se garantir em todas estas funções o controle social, um dos princípios fundamentais da política de Saneamento Básico (BRASIL, 2007).

Assim, cabe ao município planejar os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, implantá-los, operá-los e geri-los. Desta forma, é obrigação da administração pública municipal: (I) elaborar, implantar e monitorar os PMGIRS, ressaltando que isto é condição para o acesso aos recursos da União, destinados aos empreendimentos e serviços de limpeza pública e manejo de resíduos; (II) erradicar os lixões e remediar o passivo ambiental; (III) implantar a coleta seletiva; (IV) implantar unidades de compostagem; e (V) destinar somente os rejeitos para os aterros sanitários. Cabe-lhe também, o papel de articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar a logística reversa, ou seja, o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis, oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

Diante deste quadro, a pergunta corrente é: como os municípios brasileiros podem resolver as questões relativas aos RSU, sem perder de vista suas envolventes, ou seja, a legislação vigente e as questões de ordem ambiental, social, cultural, econômica e política? Trata-se de um enorme desafio.

Isto significa articular políticas, planos, programas e projetos de vários setores da administração e vários níveis de governo; envolver os poderes executivo, legislativo, judiciário,

a sociedade civil organizada e a comunidade local; garantir recursos humanos e financeiros; assegurar a continuidade das ações; e identificar tecnologias e soluções adequadas à realidade local.

Logo, as administrações públicas municipais precisam, além de recursos financeiros para elaborar e implantar os planos de resíduos sólidos, suprir as carências no que se refere à disponibilidade de dados, ferramentas de planejamento, recursos humanos, capacidade técnica e administrativa. Ou seja, é requerido um quadro institucional positivo.

Porém, o MMA (2019a), analisando o quadro institucional atual, reconhece que ele é negativo, apesar de encontrar-se em fase de alteração:

A maioria das Prefeituras Municipais ainda não dispõe de recursos técnicos e financeiros para solucionar os problemas ligados à gestão de resíduos sólidos. Ignoram-se, muitas vezes, possibilidades de estabelecer parcerias com segmentos que deveriam ser envolvidos na gestão e na busca de alternativas para a implementação de soluções. Raramente utiliza-se das possibilidades e vantagens da cooperação com outros entes federados por meio do estabelecimento de consórcios públicos nos moldes previstos pela Lei de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) e Lei de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107/2005) e de seus respectivos decretos de regulamentação, Decreto nº 7217/2010 e Decreto nº 6.017/2007). Ainda é frequente observar-se a execução de ações em resíduos sólidos sem prévio e adequado planejamento técnico-econômico, sendo esse quadro agravado pela falta de regulação e controle social no setor.

Uma pesquisa da Confederação Nacional de Municípios (CNM) (2014), divulgada em julho de 2014, realizada em municípios brasileiros com até 300 mil habitantes, apresentou a situação dos governos municipais em relação à elaboração do PMGIRS, determinada pela PNRS. Entre os municípios pesquisados, 51,6% (1.280) afirmaram possuir o PMGIRS e 45,7% (1.132) disseram que não o possuíam. Quando a pesquisa é específica para municípios com até 100 mil habitantes, 50,9% contavam com o plano e 46,5% ainda iriam elaborar. Os municípios maiores, com população entre 100 a 300 mil habitantes, estavam mais avançados no cumprimento da legislação: 59,6% (118 pesquisados) tinham PMGIRS e 36,4% (72) não o possuíam.

A CNM (2014) alegou que os governos municipais contavam com pouco auxílio da União, principalmente no que se refere a recursos financeiros, e apresentou os seguintes dados:

Por meio do Ministério das Cidades, foram feitos 91 contratos de elaboração de Planos no valor de R\$ 67,7 milhões. Outros oito planos foram financiados, com R\$ 12,0 milhões. Portanto, 161 Municípios foram atendidos por esta pasta.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) fez 606 convênios de elaboração de planos, no valor total contratado de R\$ 131,6 milhões. Mas, segundo a FUNASA, 635 Municípios foram atendidos.

Entre 2011 e 2013, o Ministério do Meio Ambiente recebeu 577 propostas, mas apenas 96 se transformaram em contratos e oito estão em execução. Estes contratos somam R\$ 6,1 milhões aplicados. Trinta e nove contratos são de consórcios que abrangem 686 Municípios. Contudo, a maioria não consegue assinar o contrato porque algum Município está negativado no Serviço Auxiliar de Informações para Transferência da União.

A CNM (2014) acrescentou ainda que, em uma Audiência Pública no Senado Federal, todos os representantes destes órgãos afirmaram que não houve condições do Governo Federal executar suas políticas por entraves burocráticos e contingenciamento do orçamento.

A PNRS prevê sanções para pessoas físicas ou jurídicas em caso de seu descumprimento. A omissão dos municípios os sujeita às sanções previstas na Lei de Crimes Ambientais (BRASIL, 1998). As penalidades variam desde a detenção de gestores públicos, multa que pode ir de R\$ 5mil a R\$ 50 milhões e perda de mandato.

O Ministério Público, por sua vez, embora tenha legitimidade para propor Ação de Responsabilidade Civil e Criminal por danos causados ao meio ambiente, tem recomendado que os prefeitos assinem um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) e em alguns casos, Termo de Compromisso Ambiental (TCA). Porém, a CNM alertou para o fato de que nem sempre os gestores teriam capacidade técnica e financeira para atender todos os compromissos listados nos termos.

Todos estes argumentos embasaram um projeto de lei, protocolado no Senado Federal em 2014, no qual se requeria a prorrogação do prazo para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos de que trata o artigo 54 da PNRS. Dentre os objetivos, pretendia-se evitar que os gestores públicos fossem penalizados. Em 2015, o projeto de lei foi remetido à Câmara dos Deputados (SENADO FEDERAL, 2018). O requerimento (PL 2289/2015) ainda não foi votado pela Câmara dos Deputados (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2018).

Em 24 de maio de 2016, o Departamento de Infraestrutura (DEINFRA), da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), promoveu o workshop “Saneamento Básico: desafios da gestão de resíduos urbanos”, que contou com a participação de representantes e especialistas do setor público e privado, destacando-se a CNM, a Associação Brasileira de

Empresas de Tratamento de Resíduos Sólidos e Efluentes (ABETRE), a ABRELPE, a CETESB, o Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana e o Ministério Público.

A discussão envolveu questões como: a falta de dados e indicadores para planejamento de ações e tomada de decisões; a dificuldade por parte dos municípios de criar os PMGIRS; os problemas relativos ao custeio do gerenciamento dos RSU; a instituição de mecanismos de cobrança que deixem claro o que se gasta com os resíduos; a responsabilização do gerador de resíduos; as opções para gerar receita e diminuir o volume de resíduos descartados; a criação de consórcios intermunicipais para a gestão dos RSU; e o estabelecimento de um fórum com alcance nacional com o objetivo de equacionar o problema (FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016)

Chamou a atenção a fala dos representantes do Ministério Público, quando questionados sobre quais são os obstáculos ou as falhas da gestão pública que dificultam a erradicação dos lixões e a recuperação das áreas degradadas. No que se refere ao custeio da gestão e do gerenciamento, a resposta dada não invalida os argumentos apresentados pelos representantes dos municípios. Porém, os representantes do Ministério Público acrescentaram que existem dois outros aspectos a serem considerados: a falta da cultura administrativa e, também, a omissão por parte dos gestores públicos, quando deveriam assumir o seu papel e responder adequadamente à questão dos RSU (FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2016).

Em 2 de agosto de 2018, a CNM voltou a afirmar que os desafios postos pela PNRS para os municípios são muitos e difíceis de cumprir. Enfatizou a “judicialização” da questão e acrescentou: “Com esse tanto de obrigação e sem apoio técnico e financeiro, tem ocorrido cada vez mais de gestores estarem sendo penalizados, enquanto pessoa física ou jurídica, por não conseguirem cumprir essa lei” (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS, 2018).

A despeito do quadro institucional negativo, alegado pelos municípios e reconhecido pelo MMA, entende-se que falta também vontade política por parte de muitos gestores municipais. O fato de que há municípios buscando alternativas viáveis e em conformidade legal, evidencia que a falta de recursos e de assistência técnica não pode ser usada como justificativa para a paralisia.

Assim, as proposições para o planejamento, a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros precisam considerar os diferentes pontos de vista, responder aos argumentos e questionamentos apresentados pelos atores envolvidos nesta problemática e ainda serem simples, de baixo custo, para que sejam viáveis. É preciso, principalmente, observar os princípios e objetivos listados no título II, capítulo II, artigos 6º e 7º da PNRS, bem como dos instrumentos apresentados pela mesma lei, no capítulo III, artigo 8º (BRASIL,

2010a). Destes, destaca-se aqueles que podem promover a redução dos resíduos destinados aos aterros: acordo setorial, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida, coleta seletiva, logística reversa e a inclusão e fortalecimento de organizações de catadores de materiais recicláveis.

Reconhece-se que muito caminho foi percorrido e muito esforço foi feito. Porém, a despeito da trajetória narrada, as questões vinculadas à gestão dos resíduos sólidos no mundo e, especificamente no Brasil, continuam emergentes. É preciso fazer frente ao crescente volume de lixo produzido pela sociedade em oposição à redução de espaços para depositá-los. É forçoso lidar com a heterogeneidade e complexidade dos resíduos sólidos. Há que se esclarecer a população quanto às implicações existentes entre produção e descarte de resíduos sólidos e as questões ambientais e sanitárias. É imperativo parar de acumular resíduos, configurando montanhas artificiais na paisagem ou ilhas de lixo nos ambientes aquáticos. Do ponto de vista institucional é requerido investir em planejamento, melhorar a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos. E, por fim, é imprescindível pensar “fora da caixa”, na busca por soluções inteligentes, ambientalmente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis.

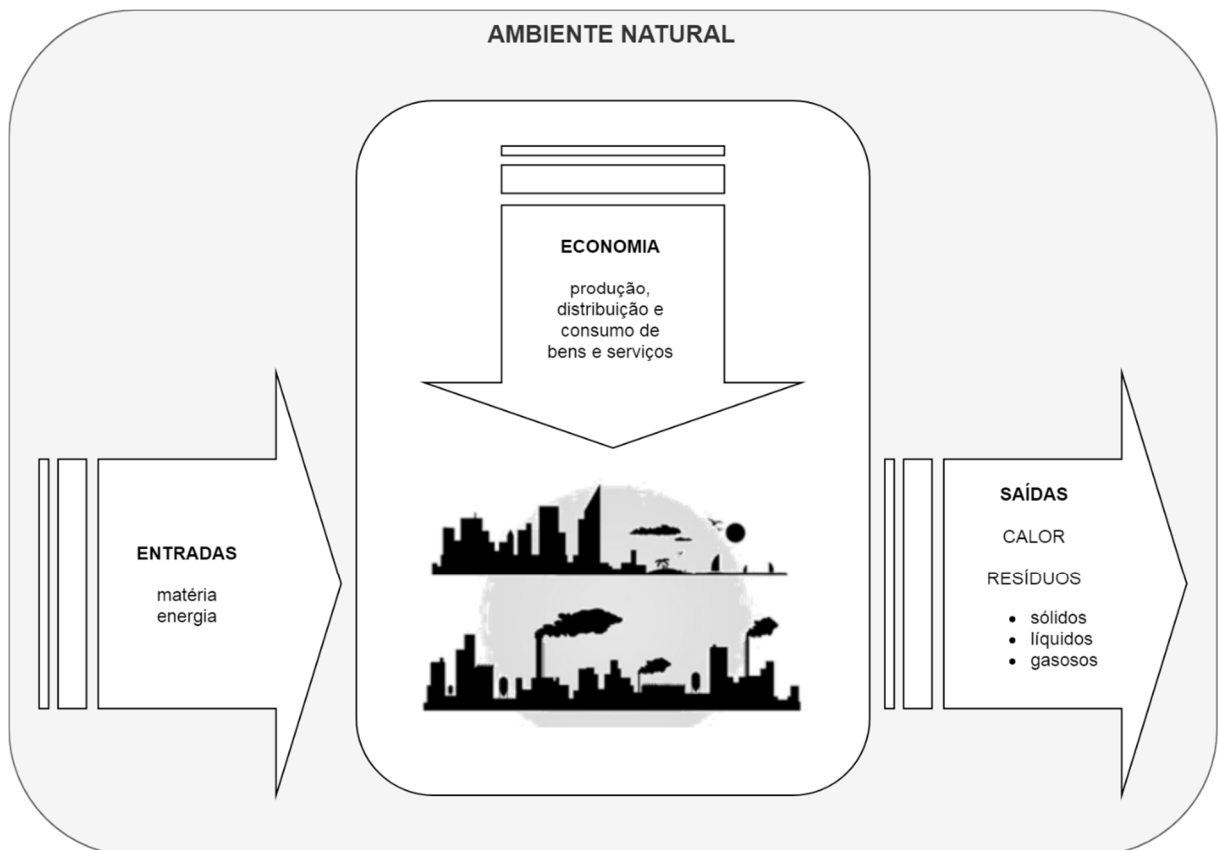
Neste sentido, investiga-se no próximo capítulo os pressupostos da Economia Circular, buscando possibilidades de aplicação no desenvolvimento de um novo modelo de referência para o planejamento e a concepção de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, nos municípios brasileiros.

4 ECONOMIA LINEAR x ECONOMIA CIRCULAR

Este capítulo apresenta um resumo analítico, fruto da pesquisa documental e bibliográfica realizada para conhecer os pressupostos da Economia Circular, com o intuito de estabelecer a sua relação com o recorte temático da tese. O texto é composto de uma seção introdutória, que discute as limitações da Economia Linear, seguida de outra que apresenta o conceito, os princípios, as fontes de criação de valor e os benefícios da Economia Circular, segundo os seus principais autores. Assim, a pergunta Q1 (O que é Economia Circular?) foi respondida. Na sequência, e respondendo à pergunta Q2 (Como seriam as cidades no contexto da Economia Circular?), encontra-se descrita a visão de uma Cidade Circular. Por fim, foi estabelecida uma relação entre os conteúdos estudados, o que respondeu à pergunta Q3 (Especificamente, como seria a gestão dos RSU no contexto da Economia Circular?).

A economia mundial, bem como os seus sistemas urbano-industriais, está estruturada e organizada segundo um modelo linear e aberto, que se baseia em extrair, transformar, produzir, distribuir, consumir e descartar bens e serviços. Essas funções elementares da economia ocorrem dentro do ambiente natural, servindo-se dele para a sua manutenção e para a externalização de saídas do processo na forma de poluentes os mais diversos (Figura 22).

Figura 22– Sistemas urbano-industriais segundo um modelo linear e aberto.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Até determinado momento, pode-se dizer que este foi um modelo bem sucedido, uma vez que providenciou produtos em larga escala, a um custo cada vez mais baixo, com cadeias de abastecimento globais suportadas por novas tecnologias de produção, favorecendo as economias desenvolvidas.

Entretanto, esse modelo é dependente da relação existente entre três elementos: o binômio demografia-urbanização, a disponibilidade de recursos naturais e a prestação de Serviços Ambientais²². Essa relação está cada vez mais desequilibrada e conduzirá, em algum momento, à ruptura e colapso do sistema.

No que se refere ao binômio demografia-urbanização, percebe-se que o crescimento da população e a sua concentração em cidades resultam em um significativo aumento do uso de recursos materiais e energéticos e demandam cada vez mais áreas para dispersão e absorção das saídas (calor e resíduos). A população mundial, que atualmente é de 7,6 bilhões, deve chegar a 8,6 bilhões em 2030; 9,8 bilhões em 2050; e 11,2 bilhões em 2100 (UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION, 2017, p. 1-2). Junte-se a isto o fato de que o processo de urbanização mundial tem avançado rapidamente ao longo das últimas seis décadas e continuará crescendo, configurando um espaço mundial predominantemente urbano.

Existe uma incompatibilidade entre os níveis de produção e consumo atuais e a disponibilidade de recursos naturais. A ideia de que os recursos naturais são abundantes e de que não é preciso evitar desperdícios ou descartes no ciclo de vida do produto se consolidou a partir da Revolução Industrial, particularmente no final da 2ª Guerra Mundial, e tem conduzido à contínua dilapidação dos recursos materiais e energéticos. A forma e a velocidade com que os recursos naturais são utilizados são insustentáveis no longo prazo. O crescimento populacional e a urbanização podem incrementar ainda mais os níveis de consumo de recursos naturais, reduzindo a sua disponibilidade.

As cidades são ambientes artificiais, totalmente dependentes dos Serviços Ambientais, o terceiro elemento da relação mencionada. Mudanças no funcionamento natural dos ecossistemas podem ter efeitos diretos ou indiretos, negativos ou positivos, na realização das funções ecossistêmicas e, por conseguinte, na prestação desses serviços às cidades. Os atuais níveis de produção e consumo requerem cada vez mais produtividade e eficiência por parte dos

²² Os Serviços Ambientais derivam direta ou indiretamente das funções ecossistêmicas, tais como: os fluxos de materiais, energia e informações; ou seja, refere-se ao trabalho realizado naturalmente pelo meio ambiente e que resulta em benefícios para os seres humanos. Estes incluem serviços de Provisão, tais como: produção de alimentos, fibras, madeira e água potável; serviços de Regulação, como a regulação de inundações e seca, degradação de terras e doenças; serviços de Suporte, tais como: formação do solo, ciclagem de nutrientes; e serviços Culturais, como os recreativos, espirituais, religiosos e outros benefícios não materiais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

ambientes naturais, sem que a eles seja dado tempo suficiente para se regenerarem. É o que tem sido demonstrado pela Pegada Ecológica²³, uma medida que permite enxergar as relações entre o comportamento humano e a capacidade de carga da Terra. Esta medida tem revelado que, desde o início da década de 1970, a humanidade tem exigido muito além da biocapacidade²⁴ do planeta (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2017); (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2016, p. 75).

Fato é que as necessidades humanas, relacionadas à sobrevivência ou aos caprichos do consumo e do conforto, aumentam gradativamente e de forma descontrolada, alimentadas por um sistema econômico predatório. É um fluxo linear e propositalmente estabelecido: se aumenta o número de consumidores, ocorre um incremento da produção e, conseqüentemente, a colocação no mercado de bens de consumo. Estes produtos têm um ciclo de vida projetado com base em obsolescência programada, tecnológica e percebida²⁵, que funciona como estratégia de manutenção e aumento dos níveis de consumo. Torna-se necessário, então, uma expansão da exploração de recursos naturais, renováveis ou não, e da geração de energia para manter o nível de produção. A exploração descontrolada e desenfreada, assim como as externalidades ambientais²⁶, oriundas dos processos produtivos ou do descarte dos bens consumidos, resulta em impactos ambientais negativos das mais variadas proporções.

Se nada for alterado, um círculo vicioso se mantém: a voracidade do sistema econômico avança sobre os recursos naturais para garantir a sua manutenção e a expansão de seus índices

²³ A Pegada Ecológica é uma metodologia de contabilidade ambiental que avalia a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais. Expressada em hectares globais (gha), permite comparar diferentes padrões de consumo e verificar se estão dentro da capacidade ecológica do planeta. Um hectare global significa um hectare de produtividade média mundial para terras e águas produtivas em um ano (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2017); (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2016).

²⁴ A capacidade dos ecossistemas em produzir recursos úteis e absorver os resíduos gerados pelo ser humano (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2017); (WORLD WIDE FUND FOR NATURE, 2016).

²⁵ Tipos de obsolescência: (I) programada: consiste em produzir itens já estabelecendo o término da vida útil deles; (II) percebida: ocorre quando um produto ou serviço, que funciona perfeitamente, passa a ser considerado obsoleto devido ao surgimento de uma nova versão, com estilo diferente ou com alguma alteração em sua linha de montagem que o torna mais desejável; e (III) tecnológica: ocorre quando um produto é substituído por um novo, normalmente do mesmo fabricante, com tecnologia mais avançada (MAGERA, 2017).

²⁶ As externalidades ambientais ocorrem toda vez que um agente causa uma perda ou um ganho de bem estar em outro agente e esta perda ou ganho não é compensada. Uma externalidade negativa típica é a de uma fábrica que polui um rio de uma determinada cidade. Se não houver nada que obrigue o proprietário da fábrica a assumir o prejuízo ambiental, o custo privado da atividade não incorporará o custo social da poluição do rio. Por outro lado, os serviços ambientais originam externalidades positivas, mas os provedores desses serviços não são compensados pelos benefícios que geraram. Um bom exemplo de externalidade ambiental positiva seria um produtor rural que planta árvores nativas ao longo de um rio e desta forma contribui para a redução do processo de sedimentação deste corpo hídrico, evitando custos associados ao tratamento de água para os usuários da bacia a jusante. Se não houver a percepção do ganho e um correspondente pagamento pelo serviço que o produtor prestou ele não será recompensado pelo benefício social que gerou (MAY, 2010).

de lucratividade, acarretando a redução dos referidos recursos. Como agente ativo, e ao mesmo tempo passivo, visto que é diretamente atingido, atua o homem.

Da percepção de que o sistema econômico, estruturado por um modelo linear e aberto, é falível, surgiram muitas discussões, das quais emergiram conceitos e publicações. Algumas delas estão destacadas nos parágrafos seguintes.

Em 1968, foi criado o Clube de Roma, composto por cientistas, industriais e políticos, com o objetivo de discutir e analisar os limites do crescimento econômico, levando em conta o uso crescente dos recursos naturais. Em 1972, a publicação intitulada “Limites do Crescimento” (MEADOWS, MEADOWS, *et al.*, 1978) provocou discussões que, mais tarde, contribuíram para a definição do conceito de Desenvolvimento Sustentável.

Em 1973 o conceito de Ecodesenvolvimento foi empregado pela primeira vez pelo canadense Maurice Strong, para caracterizar uma concepção alternativa de política de desenvolvimento. Mas, foi Ignacy Sachs quem se apropriou do termo e o desenvolveu, afirmando que o Ecodesenvolvimento baseia-se em um tripé: prudência ecológica, justiça social e eficiência econômica. Prudência ecológica significa usar com parcimônia os recursos naturais, garantindo a permanência das atividades econômicas e a qualidade de vida. A justiça social representa a igualdade de oportunidades para todos. A eficiência econômica representa a capacidade de produzir mais e melhor, com economia de recursos, capital e trabalho, de maneira que sustente as duas condições anteriores (SACHS, 1986).

Em 1987, foi publicado o relatório intitulado “Nosso futuro comum” que apresentou o conceito de Desenvolvimento Sustentável: “aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades” (COMISSÃO MUNDIAL SOBRE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE, 1988).

Vários autores apresentaram abordagens interessantes a partir das mais diversas áreas de estudo, evidenciando o caráter transdisciplinar do tema.

Analisando as cidades pelo prisma da ecologia aplicada ao meio urbano, Odum (1988, p. 319-321) observou que existe uma forte dicotomia entre os valores do mercado e os externos a ele, ou seja, os bens e serviços industriais do mercado recebem valores econômicos altos, enquanto que “os bens e serviços da natureza, tais como: a purificação e reciclagem do ar e da água, que são igualmente vitais, permanecem, na maior parte, externos ao sistema econômico, recebendo pouco ou nenhum valor monetário”. Ele defendeu a “conversão da Economia Linear atual numa Economia Circular”. Desta forma, “o sistema econômico corresponderia ao modelo geral de sistemas, que possui uma retroalimentação interna”.

Da ecossocioeconomia veio outra contribuição de Sachs (1994, p. 51) ao reconhecer que “os sistemas econômicos são tributários dos ecossistemas adjacentes” e que, portanto, é preciso

“integrar ao nosso modo de pensar e de agir a noção de complementaridade entre capital natural e capital antrópico”. Ele defendeu a ideia de que qualquer planificação do desenvolvimento deveria considerar simultaneamente cinco aspectos de viabilidade: social, econômica, ecológica, espacial e cultural (SACHS, 1994, p. 52). Enunciou que “cada grande cidade é em si um ecossistema dotado de um certo potencial de recursos. Muitos desses recursos são latentes, subutilizados ou mal utilizados” (SACHS, 1994, p. 54).

Georgescu-Roegen (1999) o precursor da Economia Ecológica, demonstrou como o crescimento econômico, nos moldes urbano-industriais, transforma, de maneira acelerada e implacável, materiais e energias de baixa entropia em outros de alta entropia, o que intensifica e aumenta a produção de calor e o esgotamento de fontes não renováveis de materiais e energias de baixa entropia. Dessa forma, evidenciou a impossibilidade de um desenvolvimento exponencial a partir de uma base de recursos escassos. Ao propor a consideração da natureza no cálculo econômico, afirmou que o sistema econômico, apesar de sua aparente autonomia, é um subsistema do ecossistema biofísico, do qual depende como fonte de suprimentos e recursos e como meio de dissipação de resíduos resultantes das atividades de produção e consumo.

As ideias de Georgescu-Roegen foram desenvolvidas por Daly (1996), o responsável pela construção e articulação de visões, conceitos, organização teórica e disciplinar da Economia Ecológica. No livro intitulado “Economia Ecológica” Daly e Farley (2016) apontaram que a economia convencional desconsidera, nos seus sistemas de análise, os problemas relativos à dimensão do impacto humano e à desigualdade na distribuição de recursos. Os autores defenderam a inclusão e a integração da biofísica e das ciências sociais às análises econômicas. Eles acreditam que as mudanças de pensamento e de atitudes ocorrerão com a formação de uma nova geração de economistas e, para tanto, apresentaram didaticamente os fundamentos deste paradigma emergente. No Brasil, a promoção e a divulgação dos instrumentos e conhecimentos deste campo disciplinar estão a cargo da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica que atua como uma seção da entidade internacional.

Da Geografia veio uma recomendação interessante apresentada por Ab’Sáber (2004, p. 54-57). Ao refletir sobre o crescimento populacional e a crescente urbanização no Brasil, o autor chama a atenção para o fato de que “mais do que nunca há necessidade de interação entre a ecologia social e as peculiaridades do metabolismo urbano nas grandes cidades”. Afirmou que a nova ecologia urbana “compreende o estudo das formas de projeção da sociedade e das funções econômico-sociais sobre o espaço e o ambiente das cidades, envolvendo a funcionalidade do organismo urbano em todos os sentidos” e apontou que os acadêmicos, os técnicos, os governantes e todas as lideranças vinculadas às tarefas de gerenciamento de uma determinada porção do território deveriam ter “conhecimento integrado dos ecossistemas

urbanos” e serem capazes de “visualizar o mosaico dos sistemas ecológicos que participam da organização da dinâmica do espaço de sua responsabilidade mais direta”. Ab’Sáber (2004, p. 54-55) esclarece que:

Não se trata de excluir os estudos de ecologia social metropolitana, mas de realizar acréscimos indispensáveis para o entendimento de propostas objetivas destinadas à solução das questões ambientais nas áreas de grandes concentrações de homens e atividades econômicas do mundo urbano-industrial. [...].

A única estratégia para se crescer nos problemas da ecologia urbana, entendida mais realística e participativamente, reside em um tratamento permanente do metabolismo urbano. Na verdade, as questões referentes às desigualdades sociais – (re)educação das massas, desemprego, transportes coletivos e metabolismo urbano –, formam um quinteto central entre os problemas a serem considerados para garantir a sustentabilidade do mundo urbano-industrial, considerado na sua funcionalidade e em seu futuro.

Estas e muitas outras contribuições tornaram visíveis externalidades que denotam a insustentabilidade da Economia Linear, oportunizando novos debates, novas perspectivas, exigindo ações mais efetivas e maior participação dos diversos setores da sociedade, do poder público e da academia, no sentido de promover uma mudança do paradigma econômico.

No bojo destes debates surge a Economia Circular, apresentada por seus autores como uma alternativa ao paradigma econômico vigente. Não obstante seja um conceito em desenvolvimento, muito conteúdo já foi produzido a respeito e é perceptível o seu potencial para aplicação em diferentes situações e escalas, bem como a possibilidade de aceitação por parte do setor produtivo.

Esta temática foi abordada nas páginas seguintes deste capítulo. O seu estudo possibilitou compreender o paradigma da Economia Circular e identificar as suas possibilidades de aplicação nos sistemas urbano-industriais (seção 4.4), principalmente no que se refere à gestão de resíduos sólidos, temática central desta pesquisa (seção 4.5).

4.1 Os limites da Economia Linear

A economia industrial, desde o seu surgimento e ao longo de sua evolução e diversificação, estabeleceu e nunca ultrapassou, um modelo linear de consumo de recursos, cujo padrão pode ser resumido por três verbos “extrair, transformar e descartar”.

A premissa deste modelo é simples: as empresas extraem materiais, aplicam energia para fabricar um produto e o vendem a um consumidor final; este último, por sua vez, descarta este produto quando ele deixa de atender as suas necessidades.

Este modelo implica em perdas significativas de recursos e energia, uma vez que a reutilização de materiais não tem sido uma prioridade econômica importante, devido tanto ao baixo custo de eliminação de resíduos, quanto à facilidade de obtenção de novos recursos e insumos. É mais barato extrair e empregar materiais primários no processo produtivo do que reutilizar materiais por duas razões: a reutilização requer a remuneração de trabalhadores especializados e o preço dos materiais primários é baixo, se comparado ao custo desta mão de obra. Ambas as razões contribuem para criar o desperdício. Assim, os ganhos de eficiência econômica resultam do uso de mais materiais primários, especialmente de energia, para reduzir os custos de mão de obra.

O processo de produção em um modelo linear implica em perdas desnecessárias de recursos de várias maneiras: (I) resíduos na cadeia produtiva: na produção de bens, volumes significativos de materiais não são fisicamente incorporados nos produtos, porque são perdidos entre a mineração e a fabricação; (II) resíduos em fim de vida: para a maioria dos materiais, o percentual de recuperação convencional, após o término de sua primeira vida funcional, é bastante baixo em comparação com o percentual de fabricação primária. O percentual significativo de reciclagem refere-se, geralmente, aos materiais homogêneos e que ocorrem em grandes volumes; (III) uso de energia: no modelo linear, toda a energia residual é perdida ao eliminar um produto em aterro. A reutilização conserva significativamente mais energia, enquanto a reciclagem e a incineração de produtos descartados recuperam uma pequena parte dela. A utilização de recursos energéticos em um modelo de produção linear é mais intensa a montante da cadeia produtiva, quando ocorre a extração de materiais para converter em formas comercialmente utilizáveis; e (IV) depleção dos Serviços Ambientais: a humanidade está consumindo mais do que a produtividade dos ecossistemas terrestres pode fornecer de forma sustentável e, deste modo, está reduzindo o capital natural da Terra (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 15-17).

A escassez de recursos naturais, insumos e energia tende a crescer tanto pela pressão sobre as reservas remanescentes, quanto pela alteração e destruição dos sistemas naturais. Ora, se há escassez de recursos de um lado e demanda por eles de outro, a tendência é que haja um aumento contínuo dos seus preços, enquanto houver interesse e procura por eles.

O modelo linear não maximiza os benefícios da utilização de recursos naturais, insumos e energia, o que estimula a volatilidade²⁷ e a elevação dos preços reais das *commodities*²⁸.

Desta forma, o modelo linear cria desequilíbrios que pesam sobre o crescimento econômico e eles tendem a piorar impulsionados por fatores comentados nos parágrafos seguintes.

Conforme mencionado, o mundo enfrenta um desafio demográfico único, com implicações diretas nos aspectos econômicos da demografia. Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 14), enquanto dois bilhões de pessoas continuarão subsistindo em condições agrárias básicas, três bilhões de novos consumidores de classe média surgirão em 2030, devido ao crescimento econômico da China e da Índia, juntamente com outras economias de mercado de rápido crescimento e tamanho expressivo, o que desencadeará um aumento na demanda por recursos e energia, em um período de tempo muito curto, algo sem precedentes na história da humanidade. Até mesmo as projeções mais conservadoras para o crescimento econômico global ao longo da próxima década sugerem que a demanda por petróleo, carvão, minério de ferro e outros recursos naturais aumentará em pelo menos um terço, sendo que cerca de 90% desta demanda virá de mercados emergentes.

Ainda sobre os aspectos econômicos da demografia, a Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 19), ressaltou que, além de mais infraestrutura para uma população maior, também será preciso expandi-la para obter recursos cada vez mais difíceis de acessar. Embora existam reservas recém descobertas e outras a descobrir, é sabido que a sua exploração exigirá investimentos em infraestrutura e novas tecnologias da ordem de aproximadamente 50% maior do que os níveis atuais de investimento.

Os eventos políticos também podem impactar a oferta de *commodities*, desencadeando picos de preços. Cerca de 80% de toda a terra arável do planeta está disponível em áreas afetadas por questões políticas ou de infraestrutura. Cerca de 37% das reservas de petróleo e 19% das reservas de gás também estão em países com alto risco político (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 19). As decisões políticas possuem o potencial de gerar cartéis,

²⁷ Volatilidade: medida da intensidade e frequência das flutuações dos preços de um ativo financeiro ou dos índices numa Bolsa de Valores. Medida estatística da possibilidade de um ativo cair ou subir, muitas vezes de forma significativa, em um determinado período de tempo. Quanto mais o preço de uma ação varia num período curto de tempo, maior o risco de se ganhar ou perder dinheiro negociando esta ação. Por esta razão a volatilidade é uma medida de risco (SANDRONI, 1999, p. 635).

²⁸ Commodities: significa literalmente “mercadoria”. Nas relações comerciais internacionais, o termo designa um tipo particular de mercadoria em estado bruto ou produto primário de importância comercial, como é o caso do café, do chá, da lã, do algodão, da juta, do estanho, do cobre etc. Alguns centros se notabilizaram como importantes mercados desses produtos (*commodity exchange*). Londres, pela tradição colonial e comercial britânica, é um dos mais antigos centros de compra e venda de commodities, grande parte das quais nem sequer passa por seu porto (SANDRONI, 1999, p. 112).

subsídios e barreiras comerciais, que podem afetar a oferta de recursos, elevando os preços e os níveis de volatilidade.

Outro fator com potencial de causar desequilíbrio são os mercados globalizados, onde os choques de preços regionais podem rapidamente tornar-se globais, devido à rápida integração dos mercados financeiros e à crescente facilidade de transportar recursos mundialmente (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 20).

O último fator são as mudanças climáticas, que se referem à variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Estas variações dizem respeito a alterações de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos analisados em relação às suas médias históricas. Países e organizações de diversos setores estão sujeitos aos impactos de pelo menos um destes aspectos. Entretanto, as atividades baseadas no uso intensivo de recursos naturais, particularmente de água, como a agricultura, podem enfrentar interrupção nas suas atividades devido às variações climáticas regionais. As restrições de oferta e a incerteza provavelmente elevariam os preços e a volatilidade de matérias-primas e insumos essenciais à produção de diversos tipos de bens e produtos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 20).

Tomados em conjunto, estes fatores e suas respectivas dinâmicas representam um grande desafio para o atual sistema econômico. Se por um lado os preços acessíveis dos recursos alimentaram o crescimento econômico observado no século passado, por outro, o aumento deles no presente pode prejudicá-lo severamente nas próximas décadas (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 20).

Este modelo há muito é questionado e criticado pelo movimento ambientalista, em escala global. Entretanto, recentemente, o setor empresarial, mais notadamente na Europa, percebeu, de um lado, que os preços das matérias-primas, insumos e recursos para produzir são cada vez mais crescentes e menos previsíveis; e de outro, que há uma estagnação dos níveis de consumo em muitos mercados. Isto significa um aumento da exposição a riscos de mercado, ou seja, da probabilidade de perdas e resultados negativos em decorrência de oscilações nos preços ou parâmetros de mercado (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 20).

À medida que as populações crescem e se urbanizam aumenta a pressão sobre os locais de extração de recursos, tanto pelo esgotamento do capital natural, quanto pelo aumento das distâncias a serem percorridas para obtê-lo, sendo portanto, provável que os preços e a volatilidade permaneçam altos.

Ora, tendo em vista os conceitos básicos da administração da produção e da contabilidade empresarial, ensinados por Slack, Chambers e Johnston (2009), sabe-se que no processo produtivo todas as entradas (*inputs*) são despesas e espera-se que as saídas (*outputs*)

sejam receitas. Logo, as despesas são todos os gastos que uma empresa precisa ter para, direta ou indiretamente, gerar receitas. Isto considerado, percebe-se que é bastante natural e inteligente buscar um modelo industrial que possa dissociar ainda mais as receitas nas saídas das despesas nas entradas. Isso implica que, mais cedo ou mais tarde, deverá ocorrer uma mudança no sistema atual.

Neste contexto, aumentou o interesse do setor empresarial pelos conteúdos associados à Economia Circular, descritos nas seções seguintes.

4.2 O que é Economia Circular?

Seria possível conceber e vivenciar algo que fosse capaz de dissociar a geração de valor e desenvolvimento socioeconômico das externalidades negativas, pensando na limitação de recursos finitos? Em outras palavras, poderia haver um sistema produtivo que não gerasse impactos ambientais negativos no meio ambiente?

Essa é a essência da Economia Circular, conforme estudado nos relatórios publicados pela Fundação Ellen MacArthur (2012, 2012, 2014), cujo resumo apresenta-se a partir dos parágrafos seguintes, acrescido de citações e comentários dos principais autores da Economia Circular.

Embora ainda seja uma construção teórica, o termo "Economia Circular" refere-se a uma economia industrial regenerativa e restauradora por princípio. Consiste em um ciclo de desenvolvimento positivo e contínuo que pretende preservar o capital natural, aprimorar a extração de recursos e minimizar os riscos sistêmicos, administrando estoques finitos e fluxos renováveis, podendo ser aplicada em qualquer escala. Na perspectiva da Economia Circular os produtos devem ser projetados para facilitar a desmontagem, a reutilização, a remodelação ou a reciclagem, nesta ordem, mantendo desta maneira, os materiais e os componentes em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo. Entende-se que a base do crescimento econômico é a reutilização de grandes quantidades de material recuperado de produtos em fim de vida e não a extração de recursos naturais. A Economia Circular defende: o uso de energias renováveis; o monitoramento, a minimização e a eliminação de produtos tóxicos; e a erradicação do desperdício (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 14).

O conceito não pode ser atribuído a um único autor ou data. No entanto, as suas aplicações práticas na Economia, principalmente nos processos industriais modernos, se intensificaram a partir do final da década de 1970, como resultado dos esforços de um pequeno grupo de acadêmicos, formadores de opinião e empresas. Participam da construção do conceito as seguintes escolas de pensamento: Design Regenerativo (*Regenerative Design*); Economia de

Performance (*Performance Economy*) (STAHHEL, 2010); Berço ao Berço (*Cradle to Cradle*) (BRAUNGART e MCDONOUGH, 2014); Ecologia Industrial (*Industrial Ecology*) (CLIFT e DRUCKMAN, 2016); Biomimética (*Biomimicry*) (BENYUS, 2003); Capitalismo Natural (*Natural Capitalism*) (HAWKEN, LOVINS e LOVINS, 2000); e Economia Azul (*Blue Economy*) (PAULI, 2010), apresentadas nos parágrafos seguintes.

O termo Design Regenerativo (*Regenerative Design*) surgiu na década de 1970, quando o professor americano John Lyle desafiou os seus alunos a criar soluções para uma sociedade que deveria desenvolver as suas atividades diárias, pautadas pelos limites dos recursos renováveis disponíveis e sem degradação ambiental. Desde então, o termo passou a ser associado à ideia de que todos os sistemas, a começar pela agricultura, poderiam ser conduzidos de forma que os próprios processos poderiam renovar ou regenerar as fontes de energia e os materiais por eles consumidos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 26).

Em 1976, o arquiteto e analista industrial Walter Stahel apresentou à Comissão Europeia a perspectiva de uma economia concebida em ciclos fechados e seus respectivos impactos na criação de postos de trabalho, na competitividade econômica, na economia de recursos e na prevenção de externalidades ambientais. Stahel (2010) a denominou Economia de Performance (*Performance Economy*), cujos objetivos principais são a extensão do ciclo de vida do produto, a produção de bens de consumo duráveis, a restauração de produtos e a prevenção do desperdício. O autor explica que o modelo linear transformou os serviços em produtos que podem ser vendidos, porém, esta abordagem gera desperdício e, por esta razão, insiste na importância de vender serviços ao invés de produtos. No passado, a reutilização e a extensão da vida útil eram vistas como solução para situações de escassez ou pobreza. Porém, atualmente são sinais de uma gestão inteligente.

Mais adiante, o químico alemão Michael Braungart e o arquiteto americano Bill McDonough, que foi aluno de Lyle, anunciaram o conceito Berço ao Berço (*Cradle to Cradle*) (2014). Trata-se, segundo a descrição do conceito, de uma gestão cuidadosa de dois tipos de fluxos de materiais: os nutrientes biológicos, aqueles que são reincorporados à biosfera com segurança e que têm a capacidade de regenerar o capital natural; e os nutrientes técnicos, os materiais finitos, que devem ser mantidos nos ciclos produtivos, sem retornar à biosfera, a fim de diminuir a extração de recursos naturais. Repensar o ciclo de nutrientes técnicos implica em descobrir como manter materiais, componentes e produtos o tempo todo e em vários ciclos produtivos, em seu mais alto nível de utilidade e valor. Para tanto, a definição da composição molecular dos materiais é bastante importante, principalmente no caso de produtos tecnológicos, sujeitos a atualizações frequentes, onde a durabilidade não é considerada uma boa estratégia comercial. Nesse sentido, os produtos poderiam ser projetados de maneira que

pudessem ser desmontados, a fim de recuperar os seus componentes, atualizar elementos ou reutilizar peças individuais na fabricação de uma próxima geração de produtos.

Outra contribuição para o desenvolvimento do conceito de Economia Circular vem da Ecologia Industrial (*Industrial Ecology*) que, segundo Clift e Druckman (2016), é o estudo de fluxos de materiais e energia através de sistemas industriais. Esta abordagem visa criar processos em circuito fechado, nos quais os resíduos são encarados como entradas no sistema, eliminando assim subprodutos indesejáveis. Adota-se um ponto de vista sistêmico para criar processos de produção em conformidade com as restrições ecológicas locais, porém observando seu impacto global desde o início. A ideia é moldar os processos de produção de maneira que eles se comportem o mais próximo possível dos sistemas vivos. Dada a sua natureza interdisciplinar também pode ser aplicada no setor de serviços. Roland Clift, professor do Centro de Estratégia Ambiental da Universidade de Surrey (Reino Unido) lidera os estudos a respeito da Ecologia Industrial.

Outra abordagem, apresentada por Benyus (2003), é a Biomimética (*Biomimicry*), definida como uma disciplina que estuda as melhores ideias da natureza com o propósito de reproduzi-las em projetos e processos para resolver problemas humanos. A Biomimética baseia-se em três princípios fundamentais: (I) a natureza como modelo; (II) a natureza como medida; e (III) a natureza como mentora de um processo de aprendizado.

Hawken, Lovins e Lovins (2000) apresentaram o Capitalismo Natural (*Natural Capitalism*), um modelo desenvolvido pelo físico nuclear e analista ambiental Amory Lovins, baseado na ideia de uma economia global na qual os interesses comerciais e ambientais se complementam, reconhecendo as interdependências existentes entre a produção, o capital humano e o capital natural, ou seja, os estoques mundiais de ativos naturais, incluindo o solo, o ar, a água e os seres vivos. O Capitalismo Natural se baseia em quatro princípios: (I) produtividade radical dos recursos, onde se defende mudanças profundas no design, na produção e na tecnologia, para promover o uso mais eficiente dos recursos; (II) biomimetismo, ou seja, a adoção de materiais e modelos de produção de inspiração biológica, bem como a eliminação do desperdício; (III) economia de serviços e de fluxos, na qual o valor é gerado por meio de um fluxo contínuo de serviços, ao invés do modelo tradicional de venda de bens; (IV) investimento em capital natural para reverter, restaurar e expandir os Serviços Ambientais e, por conseguinte, a oferta de ativos naturais.

A Economia Azul (*Blue economy*) é um movimento aberto, iniciado pelo belga Gunter Pauli, fundador do *Zero Emissions Research and Initiatives*, economista, professor e empresário. Esta escola de pensamento propõe mudanças estruturais na economia com base no funcionamento dos ecossistemas. Parte da premissa de que se deve traduzir a lógica dos

ecossistemas para o mundo dos negócios. Ou seja, empregar os conhecimentos acumulados pela natureza ao longo de milhões de anos para atingir níveis superiores de eficiência, simultaneamente respeitando o meio ambiente e gerando riqueza. Pauli (2010) reuniu 100 casos considerados inovadores, que exemplificam as convicções do movimento, em um relatório entregue ao Clube de Roma.

Todas estas escolas de pensamento desenvolveram de maneira diversa o conceito genérico, mas todas defendem que a Economia Circular é capaz de neutralizar os desequilíbrios entre a oferta e a procura de recursos naturais. A sua adoção possibilitaria que recursos ilimitados, como o trabalho, assumissem um papel mais central nos processos econômicos, enquanto os recursos naturais, que são limitados, passariam a desempenhar um papel de apoio.

Para lidar com a magnitude da escassez de recursos naturais que se aproxima será preciso, além de melhorar a eficiência nos processos produtivos, minimizar o uso de recursos naturais, através de inovações de produto ou de processo. É preciso abandonar o padrão consumir-descartar produtos e seguir a ideia de utilizá-los e reutilizá-los maximamente, aproximando-se, desta maneira, dos padrões dos sistemas vivos, não lineares e fechados, para garantir que o crescimento contínuo gere maior prosperidade.

Ao pretender que o ciclo técnico seja cada vez mais de uso e não de consumo, a Economia Circular defende um modelo de "serviço funcional", no qual os fabricantes e os varejistas mantenham a propriedade dos seus produtos e atuem como prestadores de serviço, vendendo o uso dos produtos, ao invés de bens de consumo. Esta mudança tem implicações diretas no desenvolvimento de sistemas de logística reversa, que precisarão ser bastante eficientes. De onde se deduz que esta é, ao mesmo tempo, uma condição e uma estratégia para a consolidação da Economia Circular. Exigirá também, a divulgação e a adoção de práticas de design de produtos e de modelos de negócios, capazes de conceber produtos mais duráveis e fáceis de desmontar e remodelar.

4.2.1 Os princípios da Economia Circular

A Economia Circular norteia-se por princípios simples, concebidos a partir da observação dos sistemas naturais: projetar sem desperdício; criar resiliência através da diversidade; depender de energias renováveis; pensar sistemicamente; e converter desperdício em nutriente. Estes princípios encontram-se discutidos nos parágrafos seguintes.

Projetar sem desperdício: os componentes biológicos e técnicos de uma manufatura qualquer podem voltar a um ciclo de vida do produto, quando são intencionalmente concebidos e projetados para permitir desmontagem e renovação. Os componentes biológicos não são

tóxicos e, por esta razão, podem ser simplesmente encaminhados para compostagem. Os componentes técnicos (polímeros, ligas e outros materiais sintéticos) podem ser projetados para reutilização posterior, com uso mínimo de energia e alta retenção da sua qualidade, considerando que a reciclagem, como comumente entendida, resulta numa redução na qualidade do material, que volta ao processo de produção como se fosse material primário (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 22).

Este princípio está diretamente relacionado ao design de produtos, mais especificamente às ferramentas de Gestão Ambiental para promover a modificação dos projetos. Uma destas ferramentas é o Ecodesign.

Segundo Fiksel (1996) Ecodesign é um conjunto específico de práticas de projeto, orientadas à criação de produtos e processos ecoeficientes, cumprindo objetivos ambientais, de saúde e de segurança, durante todo o ciclo de vida destes produtos e processos. Centra-se, portanto, na fase de concepção dos produtos e dos seus respectivos processos de produção, distribuição e utilização.

Entre 2012 e 2016 um projeto denominado “*The Great Recovery*”, analisou os desafios relativos aos resíduos sólidos e as propostas apresentadas pela Economia Circular para a sua eliminação, na perspectiva do Design. Todo o material produzido (vídeos, relatórios e estudos de caso) foi disponibilizado na página do projeto, no intuito de promover o design de produtos e serviços para uma Economia Circular (RSA, 2012). Os autores do projeto afirmaram: “*waste is a design flaw*” (lixo é uma falha de projeto). Logo, os projetos precisam ser corrigidos, caso contrário, resta gerenciar resíduos e rejeitos.

Criar resiliência através da diversidade: modularidade, versatilidade e adaptabilidade são características que precisam ser priorizadas em um mundo incerto e em rápida evolução. Os sistemas complexos, ou seja, aqueles que apresentam muitas conexões e escalas, são mais resistentes a choques externos do que os sistemas simplificados, aqueles construídos com base na eficiência e maximização da quantidade de material ou itens passando pelo sistema ou processo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 22). Braungart e McDonough (2014) explicam que a Revolução Industrial e a Globalização centraram-se na uniformidade, por isto os sistemas antrópicos são comumente frágeis e instáveis. Os autores defendem que é possível manufaturar produtos resilientes, usando sistemas naturais bem sucedidos como modelos.

Depender de energias renováveis: a criação, a gestão e a operação dos sistemas antrópicos deveria considerar inicialmente a natureza da fonte de energia envolvida nos processos produtivos. Qualquer processo de produção deveria funcionar com fontes renováveis, visto que não há perspectiva de escassez de energia renovável em longo prazo (ELLEN

MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 22). Stahel (2010) argumenta que o trabalho humano deveria ser incluído na mesma categoria e defende que a transferência da tributação do trabalho para o consumo de recursos naturais não renováveis aceleraria a adoção de modelos comerciais mais circulares.

Pensar sistemicamente: Senge (2005) define que "um sistema é um todo percebido cujos elementos mantêm-se juntos porque afetam continuamente uns aos outros, ao longo do tempo, e atuam para um propósito comum". Genericamente, um sistema é um conjunto de partes que interagem entre si. A essência do pensamento sistêmico implica em compreender como as partes se influenciam mutuamente dentro de um todo e, também, como é a relação do todo com as suas partes e vice-versa. Logo, pensar sistemicamente significa considerar todos os elementos na sua relação com o ambiente no qual eles estão inseridos. O pensamento sistêmico enfatiza o fluxo e a conexão ao longo do tempo e tem o potencial de englobar condições regenerativas ao invés de limitar o foco a uma ou mais partes, em curto prazo (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 23).

Converter desperdício em nutriente: a possibilidade de reintroduzir produtos e materiais orgânicos não tóxicos na biosfera, através dos ciclos biogeoquímicos, é a essência da ideia de converter o desperdício em nutriente. No meio ambiente, os resíduos orgânicos se decompõem e são convertidos em nutrientes para garantir a existência e a sobrevivência de diversos organismos. Logo, não existe rejeito. Tudo é continuamente incorporado ao ciclo que o originou, ou a um novo ciclo. Analogamente, a indústria e os processos produtivos poderiam ser repensados para que materiais, peças e componentes usados pudessem ser reintegrados às cadeias produtivas como matéria-prima de novos produtos. Trata-se de um modelo em que os resíduos sólidos são reprocessados em um determinado ciclo, mediante o retorno às suas respectivas fábricas, para serem desmontados, aperfeiçoados, atualizados e, novamente, comercializados. Para tanto, materiais e componentes devem ser mantidos no mais alto nível de utilidade, de modo que continuem circulando e contribuindo para a economia. Devem ainda, constituir-se de material que possa ser reciclado, como última alternativa, quando finalmente se esgotarem as possibilidades de reuso. Ao transformar resíduos sólidos em insumos de produção, ao invés do "túmulo", haverá uma "nova vida", materializada em um novo produto (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 23).

4.2.2 Fontes de criação de valor em uma Economia Circular

Criação de valor é o conjunto de ações que aumentam o preço dos produtos, serviços ou mesmo de um negócio. Os princípios expostos apontam as fontes potenciais para a criação de valor econômico em uma Economia Circular.

As configurações circulares podem ser significativamente diferentes em função da diversidade de materiais, componentes e produtos; da localização geográfica específica; ou em segmentos da cadeia de suprimento global. No entanto, quatro fontes de criação de valor em uma Economia Circular se destacam e serão discutidas nos parágrafos seguintes: poder do círculo interno; poder dos círculos duradouros; poder do uso em cascata e da substituição de materiais na entrada; e poder dos insumos puros, não-tóxicos e segregáveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 30-31).

Poder do círculo interno: em geral, quanto menor for o ciclo a ser percorrido por um material no interior do sistema econômico, maior será a redução nos custos de matéria-prima, mão de obra, energia, capital, bem como das externalidades negativas (por exemplo, emissões atmosféricas, geração de efluentes e resíduos sólidos). Assim, quanto mais próximo do ponto de geração da cadeia de valor estiver o reaproveitamento, ou seja, a substituição de material virgem, menores serão as ineficiências na cadeia de suprimentos²⁹, tais como: falta de peças, capacidade ociosa de produção, estoque excessivo de produtos acabados e altos custos de transporte. A criação de um modelo circular terá sentido econômico sempre que o custo do ciclo de vida do produto for inferior à alternativa oferecida pelo modelo linear. Considerando o aumento dos preços das matérias-primas e dos custos com tratamento e disposição final de resíduos, esta opção torna-se mais atraente. Paralelamente, à proporção que a reutilização e a reciclagem alcançam uma economia de escala, onde o custo médio de produção fica mais barato à medida que aumenta a quantidade de produtos produzidos, o modelo circular se torna mais viável e interessante (Figura 23a) (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 30)

Poder dos círculos duradouros: a segunda fonte potencial de criação de valor é a manutenção de materiais, componentes e produtos em uso por mais tempo, dentro do sistema econômico. Quanto mais tempo um determinado fluxo de matéria circular no sistema econômico, maior será a maximização dos benefícios advindos dos seus respectivos custos de

²⁹ A Cadeia de Suprimentos é uma rede de organizações e processos de negócios formada para selecionar matérias-primas, transformá-las em produtos intermediários e acabados e distribuí-los aos clientes. Interliga fornecedores, instalações industriais, centros de distribuição, varejistas e clientes, com a finalidade de fornecer mercadorias e serviços desde a fonte até o ponto de consumo. Matérias-primas, informações e pagamentos fluem pela cadeia de suprimentos em ambas as direções. As mercadorias começam como matérias-primas e, à medida que se movimentam pela cadeia de suprimentos, são transformadas em produtos intermediários (peças ou componentes) e, finalmente, em produtos acabados (BALLOU, 2006, p. 29-33).

extração. Isto pode ser obtido fazendo com que os materiais permaneçam mais tempo dentro de um ciclo ou circulem em ciclos consecutivos. Este prolongamento do uso reduz e pode até mesmo substituir os influxos de materiais virgens no sistema econômico. Aqui, também, o aumento dos preços das matérias-primas torna interessante esta alternativa (Figura 23b) (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 30).

Poder do uso em cascata: as fontes de criação de valor anteriores referem-se à reutilização de uma categoria específica de produto, componente ou material, em uma configuração circular. No entanto, é possível estabelecer esta mesma configuração entre diferentes categorias. Quando as possibilidades de reutilização dos materiais, componentes e produtos se esgotar, a reciclagem deve ser adotada, de modo que eles sejam incorporados em novos ciclos, processos e produtos. O potencial para a criação de valor está relacionado aos menores custos marginais³⁰ para o uso do material secundário, em comparação com os custos dos materiais primários (Figura 23c) (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 31).

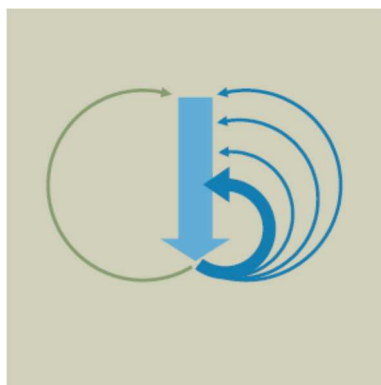
Poder dos círculos puros: para gerar o valor máximo, cada uma das fontes citadas acima requer certa pureza e qualidade do produto, componente ou material. É importante reduzir a contaminação, tanto para os processos de reutilização quanto para os de reciclagem, a fim de possibilitar a maximização da circulação dos materiais. Geralmente, os produtos pós-consumo constituem uma mistura, ou porque materiais foram selecionados, combinados e projetados para compor um único produto, ou porque foram manipulados e recolhidos sem nenhuma segregação. Ambas as razões prejudicam a preservação da pureza e da qualidade requerida. As embalagens cartonadas, formadas por multicamadas com três constituintes principais (papel cartão, folha de alumínio e polietileno), são bons exemplos da primeira razão apresentada; a segunda razão, por sua vez, pode ser exemplificada pelos RSU, que apresentam uma composição gravimétrica bastante variada por serem coletados segundo o modelo convencional de gerenciamento, ou seja, na ausência de seletividade. A economia de escala e o ganho de eficiência em um ciclo reverso podem ser obtidos através de melhorias tanto na concepção e no projeto original dos produtos quanto por meio de adequações e alterações no modelo de gestão e de gerenciamento dos resíduos sólidos. A eliminação de substâncias tóxicas, além de facilitar os processos de reutilização e reciclagem, possibilita ainda a redução dos custos com tratamento de resíduos e disposição final de rejeitos, uma vez que ambos

³⁰ O custo marginal corresponde ao acréscimo dos custos totais de produção quando se aumenta a quantidade produzida de determinado bem em uma unidade. Decresce à medida que se aumenta a quantidade produzida, porque os custos fixos se diluem em quantidades maiores de itens produzidos (economia de escala) (SANDRONI, 1999).

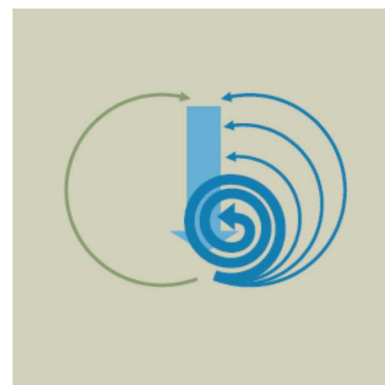
apresentarão condições mais favoráveis para tanto (Figura 23d) (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 31).

Resumindo, as fontes de criação de valor na Economia Circular referem-se ao estabelecimento de um conjunto de ciclos reversos no interior do sistema. A Figura 23 apresenta os ícones referentes às fontes de criação de valor em uma Economia Circular, onde se observa a representação destes ciclos reversos.

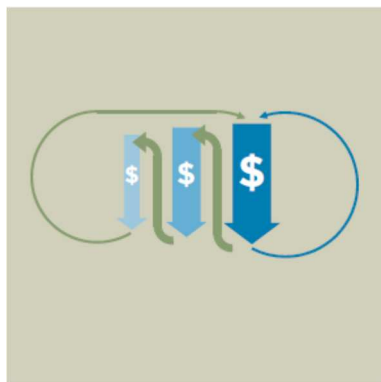
Figura 23 – Fontes de criação de valor em uma Economia Circular.



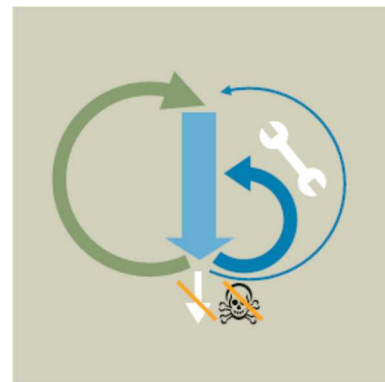
(a) Poder do círculo interno.



(b) Poder dos círculos duradouros.



(c) Poder do uso em cascata.



(d) Poder dos círculos puros.

Fonte: Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 30-31).

Em uma Economia Circular, os ciclos reversos se estendem através de uma série de subciclos para reparo, remodelação e remanufatura de componentes técnicos. Da mesma forma, a cadeia reversa de nutrientes biológicos deve devolvê-los à biosfera, através da compostagem e da digestão anaeróbica, conforme demonstra a Figura 24.

Foi evidenciado que o design de produtos segundo os princípios da Economia Circular, a reutilização de materiais secundários e a estruturação dos ciclos reversos em cascata, podem

reduzir significativamente a dependência de recursos naturais, os custos de produção e os de eliminação de resíduos.

Entretanto, para realizar ganhos de escala as empresas precisam aumentar o volume de materiais, componentes e produtos coletados e, subsequentemente, reutilizados ou reciclados.

Ressalta-se que o aumento do volume destes últimos depende de melhorias substanciais nos setores de transporte, logística, remanufatura e reciclagem, uma vez que os processos costumam ser desconectados um dos outros, ou ocorrem em ciclos longos que reduzem a utilidade do material.

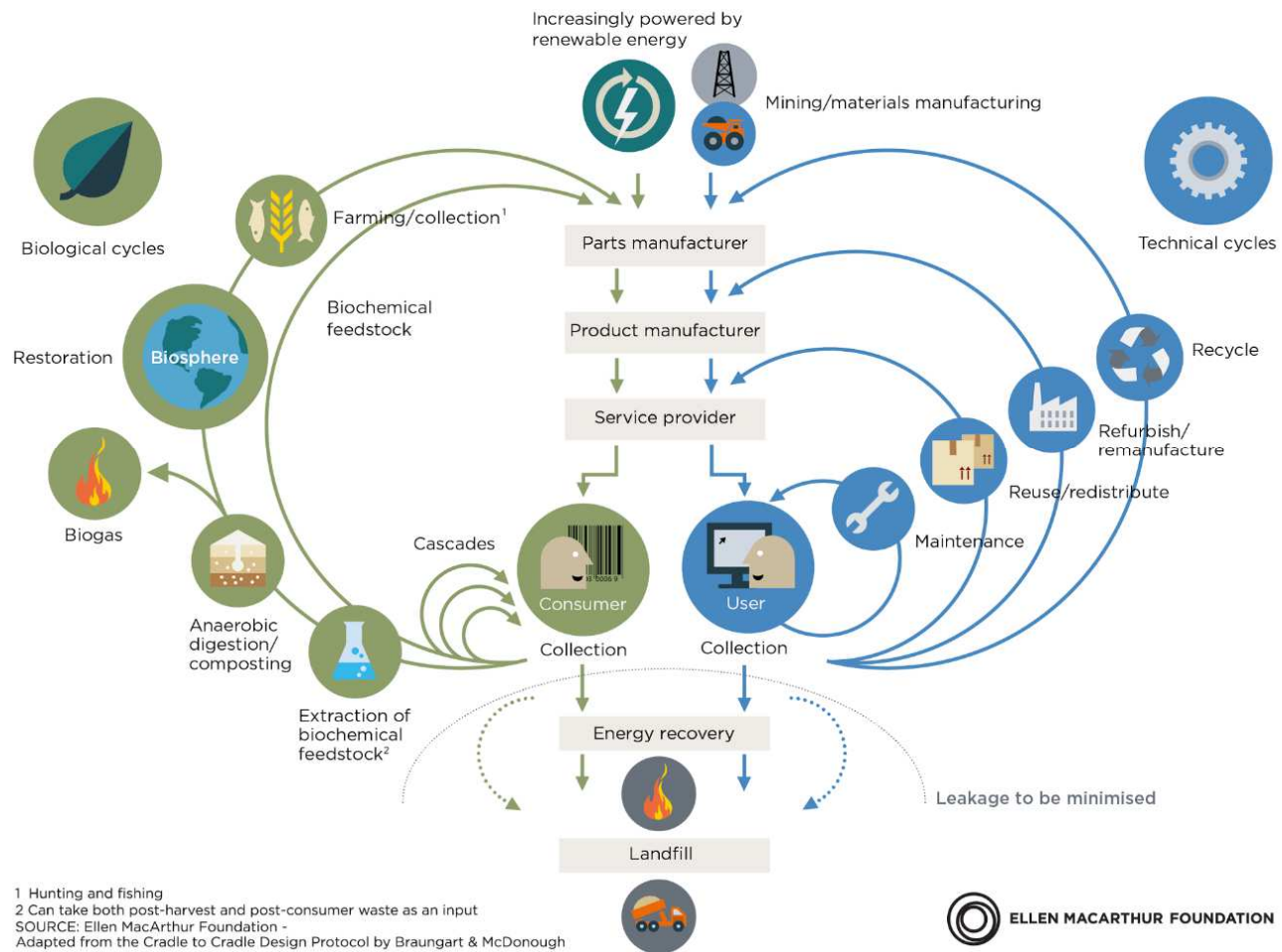
É preciso, portanto, constituir redes com muitas conexões e diferentes escalas, de modo a possibilitar interações entre as partes integrantes do sistema e promover o fluxo dos nutrientes técnicos e biológicos.

A regra geral é: "quanto mais curto o ciclo reverso, menos energia e trabalho serão perdidos e mais materiais serão preservados" (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 8).

A Figura 24 apresenta um diagrama sistêmico. Nele está demonstrado: (I) que existem dois fluxos de materiais definidos, os biológicos e os técnicos. Os materiais biológicos podem ser devolvidos com segurança à biosfera para agregar valor, porque não contêm toxinas. Os materiais técnicos não podem ser devolvidos à biosfera e por isto devem ser projetados para serem utilizados repetidamente, com pouca ou nenhuma redução na sua qualidade, o que é o inverso da obsolescência programada; (II) que há duas categorias de clientes, os consumidores no ciclo biológico e os usuários no ciclo técnico; e (III) no ciclo técnico, quanto mais próximo o subciclo estiver do usuário, mais lucrativa será a ação porque, desta forma, se preserva a qualidade dos materiais. Assim, reparar produtos é uma ação mais lucrativa do que reciclar materiais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2012, p. 24).

Figura 24 – Diagrama sistêmico da Economia Circular.

CIRCULAR ECONOMY - an industrial system that is restorative by design



Fonte: Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 24).

4.2.3 Benefícios da Economia Circular

O relatório analisado argumenta que os benefícios de uma Economia Circular não são meramente operacionais, mas também são fontes de eficiência e inovação estratégicas, conferindo benefícios tanto para a indústria quanto para os consumidores. Estes benefícios foram resumidos e listados no Quadro 12.

Quadro 12 – Benefícios da Economia Circular.

ECONOMIA
<ul style="list-style-type: none"> – Redução do custo das matérias-primas; – Redução da volatilidade dos preços e dos riscos de abastecimento; – Criação de novos negócios nos setores: primário (extração); secundário (fabricação); e terciário (serviços), sendo o maior impacto neste último; – Redução das externalidades; – Estabelecimento de sistemas econômicos mais resilientes.
EMPRESAS
<ul style="list-style-type: none"> – Criação e fortalecimento de empresas de logística reversa; – Expansão da Economia compartilhada ou colaborativa, apoiada pelas redes sociais, pelos dispositivos e plataformas móveis e pelos sistemas de pagamento; – Criação e fortalecimento de empresas especializadas em peças e componentes remanufaturados e produtos remodelados; – Criação e fortalecimento de empresas de reciclagem; – Novas oportunidades de financiamento; – Mitigação de desafios estratégicos para construir resiliência e vantagem competitiva; – Melhoria no relacionamento com os clientes e fidelização; – Redução do custo das matérias-primas; – Redução da complexidade do produto e criação de ciclos de vida mais gerenciáveis; – Estímulo à inovação e ao ecodesign.
CONSUMIDORES
<ul style="list-style-type: none"> – Melhoria da qualidade e dos preços dos produtos; – Redução de custos relacionados à obsolescência programada; – Maior possibilidade de escolha; – Benefícios secundários advindos de funções múltiplas existentes em um único produto.

Fonte: adaptado de Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 64-76)

4.3 A disrupção

A economia mundial está atrelada a um sistema onde tudo – a produção, a regulação, o mercado consumidor e, principalmente, a mentalidade – favorece o modelo linear. No entanto, este cenário tende a se alterar, pressionado por forças disruptivas.

A primeira delas é a escassez de recursos diversos, necessários para alimentar os processos produtivos, seguida de perto pela adoção de padrões ambientais mais rígidos. Este aspecto induzirá as empresas a proceder a uma análise sistemática de suas cadeias de

suprimentos para identificar o potencial de circularidade. Pode ser que descubram que esse potencial é maior do que o inicialmente imaginado.

Em segundo lugar, a tecnologia da informação está em estágio avançado e pode ser usada para rastrear materiais, componentes e produtos em toda a cadeia de suprimentos, seja a montante ou a jusante do ciclo de vida do produto, o que facilitaria a logística reversa. Além disto, as redes sociais podem ser usadas para mobilizar instantaneamente milhões de clientes em torno de novos produtos e serviços.

A terceira força é representada por uma mudança no comportamento do consumidor, que aponta para uma nova geração de clientes que preferirá o acesso à propriedade ao invés da posse em si. Isso pode ser observado no aumento do compartilhamento de objetos diversos, tais como: veículos, imóveis, máquinas e até mesmo artigos de uso diário. Tal comportamento é fomentado pelas redes sociais, que possibilitaram tanto mais visibilidade quanto mais transparência, e permitiram aos consumidores avaliar e defender produtos e práticas empresariais responsáveis, ou rechaçar aquelas que não são.

Por maiores que sejam os benefícios apontados, a transição para a Economia Circular, bem como a sua incorporação pelo sistema econômico, ainda é um grande desafio e deverá ocorrer realmente em função da disrupção, onde inovações oferecerão produtos e serviços acessíveis a novos consumidores, desestabilizando empresas líderes nos seus respectivos segmentos. Ainda que, no momento de seu surgimento, as tecnologias disruptivas tenham qualidade inferior àquilo que é dominante, elas tenderão a melhorar e evoluir, conquistando assim o mercado consumidor como um todo.

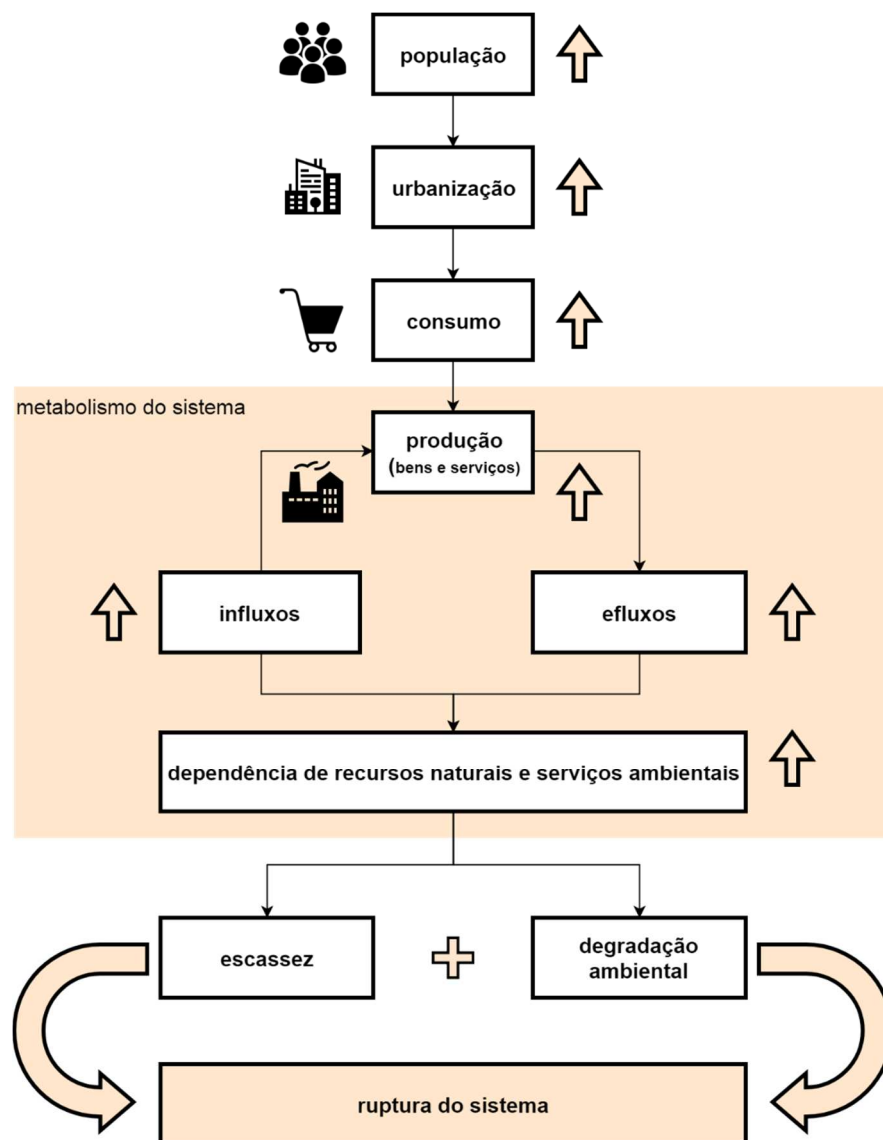
A Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 79-83) acredita que a circularidade se concretizará em duas fases distintas: uma pioneira e outra de integração.

Na fase pioneira, a viabilidade comercial da circularidade deverá ser comprovada mais amplamente, por meio da adaptação e da ampliação de modelos circulares piloto, em ambientes de mercado.

A fase de integração deverá ocorrer por volta de 2025, quando, condicionalmente, houver colaboração entre os setores da economia, com apoio governamental, no sentido de adequar instrumentos legais, comerciais e fiscais. Esta fase envolverá: a organização de mercados de ciclo reverso e, por conseguinte, a construção de uma infraestrutura de logística reversa; ponderações a respeito da tributação do uso de recursos não renováveis; a promoção da inovação e do empreendedorismo; o reforço da Educação; e a adequação dos instrumentos legais ambientais, nacionais e internacionais, especialmente no que se refere à contabilização adequada das externalidades.

É evidente que o desafio é hercúleo! Entretanto, talvez o impulso para a transição da Economia Linear para a Circular reside, justamente, no paradoxo entre a sustentação do modelo linear e a sua insustentabilidade. Como conservar o momento de inércia de um sistema cada vez mais dependente de recursos naturais crescentemente escassos, tendo este mesmo sistema a função de prover continuamente uma população cada vez maior, demandando mais consumo, conseqüentemente, mais recursos? Seria possível somente se fosse mantido constante o equilíbrio entre o influxo, o metabolismo e o efluxo do sistema; e também se fossem nulas as pressões externas ao sistema, visto que elas desequilibram a disponibilidade de recursos, os processos inerentes ao sistema e os Serviços Ambientais (Figura 25).

Figura 25 – A insustentabilidade do sistema esquematizada.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

À medida que aumentam as pressões e as ameaças ao modelo linear, crescem as chances de uma transição para um modelo circular, que pode ser, muito além de uma proteção contra a escassez de recursos, um motor para a inovação e uma condição de sobrevivência do sistema econômico em um mundo populoso e urbanizado.

Neste sentido, nas próximas décadas, as cidades serão cada vez mais importantes na medida que são esperadas taxas de urbanização ainda maiores e investimentos significativos em infraestrutura. As cidades, devido à sua alta concentração de recursos, capital, dados e talentos em um pequeno território geográfico, podem impulsionar uma transição global para a Economia Circular, beneficiando-se também dos resultados desta transição.

Na seção seguinte, a partir da apreensão do cenário das cidades no contexto da Economia Linear, explora-se a alternativa de uma Cidade Circular, a partir de uma seleção de conteúdo considerado pertinente e interessante no trato da temática em tela.

4.4 A Cidade Circular

As cidades estão operando dentro de um sistema econômico global baseado no modelo linear. Assim sendo, a economia urbana espelha e amplifica os desafios postos por este modelo. A literatura referente às cidades do século XXI apresenta, discute e documenta esses desafios. Dentre eles, destaca-se o crescimento da população global e a sua concentração nas cidades, constituindo uma classe média urbana, gerando um aumento na demanda por infraestrutura, pressionando os recursos governamentais e incrementando o consumo de recursos naturais. Este fato, combinado com os mais variados problemas na gestão urbana, está gerando perdas econômicas e impactos ambientais negativos. As perdas econômicas ocorrem em função do desperdício e da subutilização nos processos e sistemas urbanos. No que se refere aos impactos ambientais negativos nas cidades, as externalidades negativas do modelo linear afetam a atmosfera, a água e o solo das mais diversas formas e intensidades.

Para serem competitivas, as cidades devem ser capazes de atrair e manter pessoas, empresas e atividades econômicas. Porém, os desafios descritos, dentre outros, estão fragilizando esta capacidade de atração. Assim sendo, elas precisam romper com o modelo linear, onde o crescimento está acoplado ao consumo de recursos finitos, e aderir aos pressupostos da Economia Circular, que apresenta a possibilidade de alcançar prosperidade com base na circularidade.

A Cidade Circular não existe. Ela é uma visão! É uma descrição de um futuro desejado. Um alvo estabelecido. Uma meta a ser atingida pela alocação de recursos variados e pelos esforços individuais e coletivos.

Nos parágrafos seguintes, descreve-se a visão da Cidade Circular, a partir de textos de autores selecionados na revisão da literatura, em ordem cronológica crescente, a fim de compreender como a Economia Circular pode se manifestar em uma cidade.

Como parte dos esforços para definir e desenvolver um arcabouço teórico para a Cidade Circular, foi realizado em 2015 um dos primeiros estudos, conduzido pelo Ministério Holandês das Relações Econômicas, trabalhando em colaboração com os principais institutos holandeses de pesquisa aplicada (Deltares, TNO, Wageningen UR e ECN). Foi apresentado um projeto denominado “*Adaptive Circular Cities*”, que abordou temas considerados como grandes desafios para as áreas urbanas holandesas: mitigação dos efeitos advindos das mudanças climáticas; adaptação às mudanças climáticas e ao aumento do nível do mar; uso sustentável de recursos naturais e ecossistemas; alternativas para poupar recursos escassos, finitos ou valiosos; e transição para a Economia Circular (DUTCH MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS, 2015).

O objetivo do projeto foi investigar e desenvolver soluções com um valor agregado significativo, utilizando conhecimentos interdisciplinares existentes e disponibilizados pela comunidade técnica e científica. Para tanto, métodos de pesquisa e desenvolvimento, ferramentas e modelos foram investigados e experimentados em estudos de casos reais. Três grandes eixos temáticos foram abordados nos estudos de casos: água, alimentos e energia; qualidade de vida nas cidades; construção e subsuperfície.

Quanto aos resultados do projeto, foram consideradas como soluções ótimas aquelas capazes de contribuir, simultaneamente, para a mitigação e adaptação aos efeitos advindos das mudanças climáticas e para o uso eficiente de recursos. Além disto, estas soluções deveriam ser também uma alternativa atraente para os investimentos setoriais.

Embora o projeto tenha ofertado recomendações específicas para os casos selecionados, os resultados podem ser extrapolados para outros estudos, visto que são genericamente utilizáveis. Este é o caso, por exemplo, do segmento do projeto referente aos resíduos sólidos, que chamou a atenção por estar diretamente relacionado a este trabalho.

Destaca-se também o estudo produzido em 2016 para a cidade de Amsterdam e sua região metropolitana, na Holanda, a fim de verificar o potencial de transição para a Economia Circular. O relatório publicado identifica as áreas nas quais os modelos de negócios circulares podem ser aplicados e destaca as estratégias necessárias para implantar as soluções

consideradas adequadas para a região. Esta foi a primeira pesquisa deste tipo e nesta escala (GEMEENTE AMSTERDAM, 2016).

No mesmo ano, outro estudo interessante foi desenvolvido para Glasgow na Escócia. Foi adotada a mesma metodologia aplicada na análise do caso anterior. O relatório publicado apontou as áreas de circularidade e determinou como os negócios locais podem ser desenvolvidos e apoiados (CIRCLE ECONOMY, 2016).

Com base em exemplos concretos locais e regionais, o Agrupamento Europeu de Cooperação Territorial produziu um relatório indicando caminhos para a implantação da Economia Circular em cidades e regiões europeias (ESPON, 2016). O projeto examinou áreas com potencial para o desenvolvimento da Economia Circular e concluiu que a dimensão territorial é um fator importante no processo de transição. Fatores como a localização e as características físicas influenciam na definição do potencial de um território. Por exemplo, áreas urbanas e rurais têm diferentes papéis a desempenhar. As áreas urbanas têm um papel dominante no processo de transição, pois são os centros de produção e, portanto, podem promover o uso eficiente dos recursos. As áreas rurais, por sua vez, são as fornecedoras de boa parte destes recursos.

Prendeville, Cherim e Bocken (2017) investigaram como as cidades estão adotando a Economia Circular como uma estratégia para estabelecer uma nova agenda urbana. A pesquisa realizada delineou casos emergentes, identificou um conjunto de estratégias políticas comuns, apresentou um conceito de Cidade Circular e apontou áreas para futuras pesquisas. As autoras ressaltaram que a liderança política, a construção de visões futuras adaptáveis, a utilização de abordagens experimentais (como laboratórios vivos), o desenvolvimento de conhecimento contextual sobre o uso de recursos e o envolvimento das diversas partes interessadas são fatores importantes a serem considerados. Evidenciaram também a falta de consenso sobre o que constitui uma Cidade Circular e a necessidade de explicitar e aprofundar este conceito.

Lindner, Mooij e Rogers (2017) realizaram um trabalho semelhante ao anterior, com o objetivo de descrever como a Economia Circular está sendo implantada em diferentes cidades ao redor do mundo e em que medida podem ser fontes de inspiração para outras cidades. A pesquisa sintetizou definições de Economia Circular e investigou 21 cidades em todo o mundo para compreender como os municípios selecionados estavam incorporando este conceito no planejamento e na gestão municipal. As ações implantadas pelos municípios foram examinadas criticamente, tendo em vista a sua contribuição estratégica na constituição de sociedades sustentáveis. As seguintes cidades se destacaram neste estudo: Amsterdam, Haarlemmermeer, Apeldoorn e Rotterdam (Holanda); Peterborough (Reino Unido); Vancouver (Canadá);

Baltimore e Austin (Estados Unidos da América); Eskilstuna (Suécia); Oslo (Noruega). O documento resultante da pesquisa pode ser utilizado pelos municípios interessados em implantar a Economia Circular, ou por aqueles que simplesmente estão interessados em uma compreensão mais profunda a respeito do tema.

No intuito de ampliar a compreensão do modelo circular no contexto urbano, a Fundação Ellen MacArthur (2017) descreveu alguns desafios enfrentados pelas cidades no contexto da Economia Linear de hoje, explorou a Cidade Circular como uma alternativa e agrupou a pesquisa realizada por seus colaboradores, até o momento, acerca dos possíveis benefícios da Economia Circular para as cidades. Ao final da publicação apresentou questões pendentes sobre o tema.

Relativamente à sua visão, a Fundação Ellen MacArthur (2017, p. 7) acredita que as Cidades Circulares incorporarão os princípios estabelecidos pela Economia Circular em todas as suas funções, arquitetando sistemas urbanos regenerativos, acessíveis e abundantes por design. Terão como objetivo eliminar o conceito de lixo. A prosperidade será gerada através de mecanismos de criação de valor dissociados do consumo de recursos finitos. Serão cidades resilientes, ou seja, os seus indivíduos, comunidades, instituições, empresas e sistemas serão capazes de sobreviver, resistir, adaptar, absorver e se recuperar de forma eficiente dos efeitos de um choque agudo, desastre ou qualquer outro estresse crônico experimentado. De maneira organizada, adotarão medidas para que vidas e bens não sejam perdidos em situações adversas.

De acordo com a Fundação Ellen MacArthur (2017, p. 7-8) uma Cidade Circular provavelmente incluirá os seguintes elementos:

- a) ambientes projetados e edificados de forma modular e flexível, empregando tecnologia e materiais capazes de minimizar o uso de matérias-primas virgens ou primárias. As técnicas de projeção e construção serão eficientes o suficiente para permitir a eliminação do desperdício. Os espaços e as edificações serão altamente utilizados devido ao compartilhamento. As edificações serão mantidas em bom estado de conservação e renovadas quando necessário. Sempre que possível, serão utilizadas para gerar energia e alimentos, ao invés de somente consumi-los. Os sistemas e os processos das cidades, em suma, serão imitações dos ciclos naturais;
- b) sistemas energéticos, renováveis e resilientes, serão espacialmente localizados e distribuídos de modo a possibilitar o uso eficiente da energia, a redução dos custos de geração, transmissão, distribuição e a minimização dos impactos ambientais negativos advindos da implantação e operação dos sistemas;

- c) sistemas de mobilidade urbana acessíveis, baratos e eficazes, baseados em redes e estruturas integradas e multimodais, que incorporarão transporte público e veículos sob demanda. O transporte será compartilhado e automatizado. A poluição atmosférica e o congestionamento pertencerão ao passado, visto que se utilizará energia limpa e renovável. A infraestrutura rodoviária excessiva e desnecessária será convertida para atender outras necessidades dos cidadãos. Os veículos serão energeticamente eficientes e o seu design permitirá uma fácil manutenção e a remanufatura, de maneira a garantir a durabilidade;
- d) uma bioeconomia urbana, onde os nutrientes serão devolvidos ao solo de forma apropriada, minimizando o desperdício de alimentos e gerando valor. Os nutrientes poderão ser obtidos a partir da fração orgânica dos RSU e do efluente tratado que, após processados, retornarão ao solo como fertilizantes orgânicos, podendo ser utilizados tanto pela agricultura urbana, quanto pela rural. Através da agricultura urbana, localizada na escala do bairro, a cidade poderá fornecer aos seus habitantes parte dos seus alimentos, tais como: legumes, frutas e peixes. Haverá também a geração de energia local, através de biorrefinarias, que converterão biomassa em biocombustíveis. Haverá, assim, fluxos de receitas adicionais para as cidades, a partir da utilização de materiais e nutrientes que já estão em uso;
- e) sistemas de produção e comércio local configurarão e fortalecerão a economia das cidades. Espaços de experimentação permitirão a invenção e a fabricação de objetos e protótipos de forma rápida, barata e experimental, favorecendo a inovação. Bancos de recursos coletivos permitirão equilibrar diferenças entre o fornecimento e a demanda de uso de materiais, seja na produção ou na comercialização. As negociações de bens, materiais e serviços ocorrerão por meio de aplicativos digitais.

Ao estudar as publicações percebe-se que a visão da Cidade Circular contém, simultaneamente, uma intenção de tornar-se algo concreto e uma força inspiradora. Ou seja, embora a Cidade Circular não exista concretamente, a sua visão pode nortear o planejamento urbano e este, por sua vez, coordenar ações de gestão urbana, no sentido de materializar esta paisagem imaginada. Ensina Souza (2002, p. 45-46)

[...] planejar sempre remete ao futuro: planejar significa tentar prever a evolução de um fenômeno ou, para dizê-lo de modo menos comprometido com o pensamento convencional, tentar simular os desdobramentos de um processo, com o objetivo de melhor precaver-se contra prováveis problemas ou, inversamente, com o fito de melhor tirar partido de prováveis benefícios. De sua parte, gestão remete ao presente: gerir significa administrar uma situação dentro dos marcos dos recursos

presentemente disponíveis e tendo em vista as necessidades imediatas. O planejamento é a preparação para a gestão futura, buscando-se evitar ou minimizar problemas e ampliar margens de manobra; e a gestão é a efetivação, ao menos em parte (pois o imprevisível e o indeterminado estão sempre presentes, o que torna a capacidade de improvisação e a flexibilidade sempre imprescindíveis), das condições que o planejamento feito no passado ajudou a construir. [...] Um desafio que se coloca de imediato, ao se debruçar sobre a tarefa de planejar, é o de realizar um esforço de imaginação do futuro. Não deve haver sombra de dúvida quanto ao fato de que o planejamento necessita ser referenciado por uma reflexão prévia sobre os desdobramentos do quadro atual - ou seja, por um esforço de prognóstico. Não há ação, muito menos ação coletiva coordenada, que possa prescindir disso. Descurar indiferenciadamente a importância do planejamento, alegando, dentre outras coisas, que não se pode prever o futuro, trai uma irresponsabilidade típica da atitude livresca e diletante, em que o comprometimento com a ação transformadora é, quando muito, puramente retórico.

Assim, não se trata da mera definição do que venha a ser uma Cidade Circular, mas de responder a seguinte questão: o que a cidade é no presente e o que ela quer ser no futuro?

Se a intenção for seguir o fluxo e a dinâmica de um movimento que, embora aponte para um prognóstico futuro, dá sinais de sua presença na realidade atual, a próxima questão a ser respondida é: para qual direção devem ser apontados e conduzidos os esforços municipais?

Ambas as questões precisam ser respondidas pelo planejamento e as respostas precisam constituir “instrumentos legais proativos” (FEHR, 2015, p. 854), para embasar, estruturar e conduzir políticas urbanas voltadas para a construção da Cidade Circular.

A Fundação Ellen MacArthur (2017, p. 8-10) explica que os princípios da Economia Circular, aplicados à cidade por meio de políticas urbanas, poderiam possibilitar o alcance dos seguintes objetivos:

- a) aliviar as pressões sobre o orçamento municipal e a prestação de serviços públicos. Por exemplo: fluxos circulares proporcionam a redução do consumo de material primário e a intensificação do uso de materiais secundários, o que implicaria na redução de gastos relativos ao gerenciamento de resíduos sólidos, principalmente à disposição final;
- b) aumentar a renda disponível das famílias. Isto pode ser obtido através da redução do custo de produtos e serviços e, também, da conversão do tempo improdutivo para o produtivo; por exemplo: aquele que se gasta no transporte diário para ir e voltar do trabalho;
- c) incentivar a inovação na economia urbana. A substituição de produtos descartáveis por retornáveis criará redes de logística reversa e outros sistemas para apoiar a Economia Circular, o que favorecerá o surgimento de novas ideias e, por conseguinte, a inovação nas cidades. Para manter os materiais, componentes e produtos circulando na economia é preciso desenvolver novos modelos de negócios que, por sua vez, farão surgir

- comunidades urbanas centradas em espaços de experimentação, oficinas de reparos, produção distribuída e plataformas de trocas e compartilhamento;
- d) reduzir as emissões de carbono. Análises indicam que na Europa elas poderiam ser reduzidas pela metade em relação aos níveis atuais até 2030; na Índia, as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) seriam 44% menores em 2050 em comparação com o cenário atual;
 - e) melhorar a qualidade de vida nas cidades. A Economia Circular pode influenciar aspectos da vida nas cidades, a saber: melhoria da qualidade atmosférica, aumento da eficiência dos sistemas de tratamento de água e esgoto, redução na geração e manejo de resíduos sólidos;
 - f) impactar positivamente a empregabilidade nas cidades. Embora sejam necessárias mais pesquisas e análises para determinar o impacto da Economia Circular no emprego urbano, indicações iniciais apontam que há uma relação entre ambos. As oportunidades identificadas referem-se, principalmente, às atividades de reutilização, remanufatura e reciclagem. Há também um potencial de geração de empregos em setores industriais, através do desenvolvimento da logística reversa local; e em pequenas e médias empresas, devido ao aumento da inovação, do empreendedorismo e de uma economia baseada em serviços.

A Fundação Ellen MacArthur (2017, p. 10-11) entende que as cidades podem impulsionar a transição global para a Economia Circular devido aos seguintes fatores:

- a) proximidade entre pessoas e materiais no meio urbano. Uma das principais características das cidades é uma alta concentração de recursos, informações, talentos e capital em um pequeno território geográfico. Isto pode favorecer a Economia Circular de várias maneiras, como por exemplo, criando oportunidades para o surgimento de modelos de negócios baseados em atividades de coleta, reutilização, remanufatura e reciclagem. Os ciclos de coleta de material e logística reversa são mais eficientes quando há proximidade geográfica entre produtores, consumidores e usuários. Esta mesma proximidade e concentração de pessoas também permite o compartilhamento, onde produtos ou ativos são utilizados várias vezes, por diferentes usuários, dentro de um bairro ou unidade geográfica menor;
- b) escala suficiente para mercados efetivos. Os modelos de negócios da Economia Circular surgirão e crescerão onde houver um grande e variado suprimento de materiais e uma

- demanda de mercado de alto potencial para os bens e serviços derivados deles. Ambas as condições têm mais chance de serem atendidas nas cidades;
- c) capacidade dos governos municipais de moldar o planejamento e as políticas urbanas. A administração pública local influencia diretamente o planejamento urbano, o design de sistemas de mobilidade, os projetos de infraestrutura urbana, o desenvolvimento de negócios locais, a tributação municipal e o mercado de trabalho. Portanto, os governos municipais podem desempenhar um papel ativo na incorporação dos princípios da Economia Circular em todas as funções e políticas urbanas. Além disto, a escala municipal possibilita a implantação de projetos piloto, que podem ser apontados como exemplos e vitrines, com o intuito de envolver atores públicos e privados em nível regional e nacional;
- d) revolução digital. A tecnologia digital permitiu uma mudança fundamental na forma como a economia funciona e tem o poder de apoiar a transição para a Economia Circular ao possibilitar a virtualização, a desmaterialização, a transparência na comercialização e nos fluxos de produtos e a pesquisa de opinião do cliente (*feedback*) para, se necessário, corrigir os rumos dos negócios. Através da coleta e análise de dados, a tecnologia digital pode identificar os fluxos de materiais nas cidades, delinear as áreas geradoras de falhas, desperdícios e resíduos, para subsidiar uma tomada de decisão eficaz e oferecer soluções sistêmicas. Tecnologias digitais foram identificadas como facilitadores das atividades concernentes à Economia Circular nas cidades.

Nesta seção, o conteúdo relativo à Cidade Circular foi explorado até onde foi possível, considerando que a pesquisa referente à temática ainda está dando seus primeiros passos. Na seção seguinte, a partir de textos selecionados na revisão da literatura, apresenta-se o entendimento das partes envolvidas na gestão de resíduos sólidos em relação à Economia Circular.

4.5 A gestão de resíduos sólidos e a Economia Circular

Os processos produtivos ineficientes, o estilo de vida urbano e a cultura de consumo geram resíduos diversos que, por sua vez, acarretam custos adicionais relativos à sua gestão e gerenciamento, o que aumenta a pressão sobre o orçamento municipal. Atualmente, nos mercados em desenvolvimento, os custos de gerenciamento de resíduos sólidos podem atingir até 50% do orçamento anual dos municípios. As cidades do mundo geram cerca de 1,3 bilhão

de toneladas de resíduos sólidos por ano. Este volume deve aumentar para 2,2 bilhões de toneladas até 2025. Estima-se que o custo anual global de gerenciamento de resíduos sólidos passará dos US\$ 205,4 bilhões anuais em 2010, para cerca de US\$ 375,5 bilhões em 2025 (WORLD BANK, 2012).

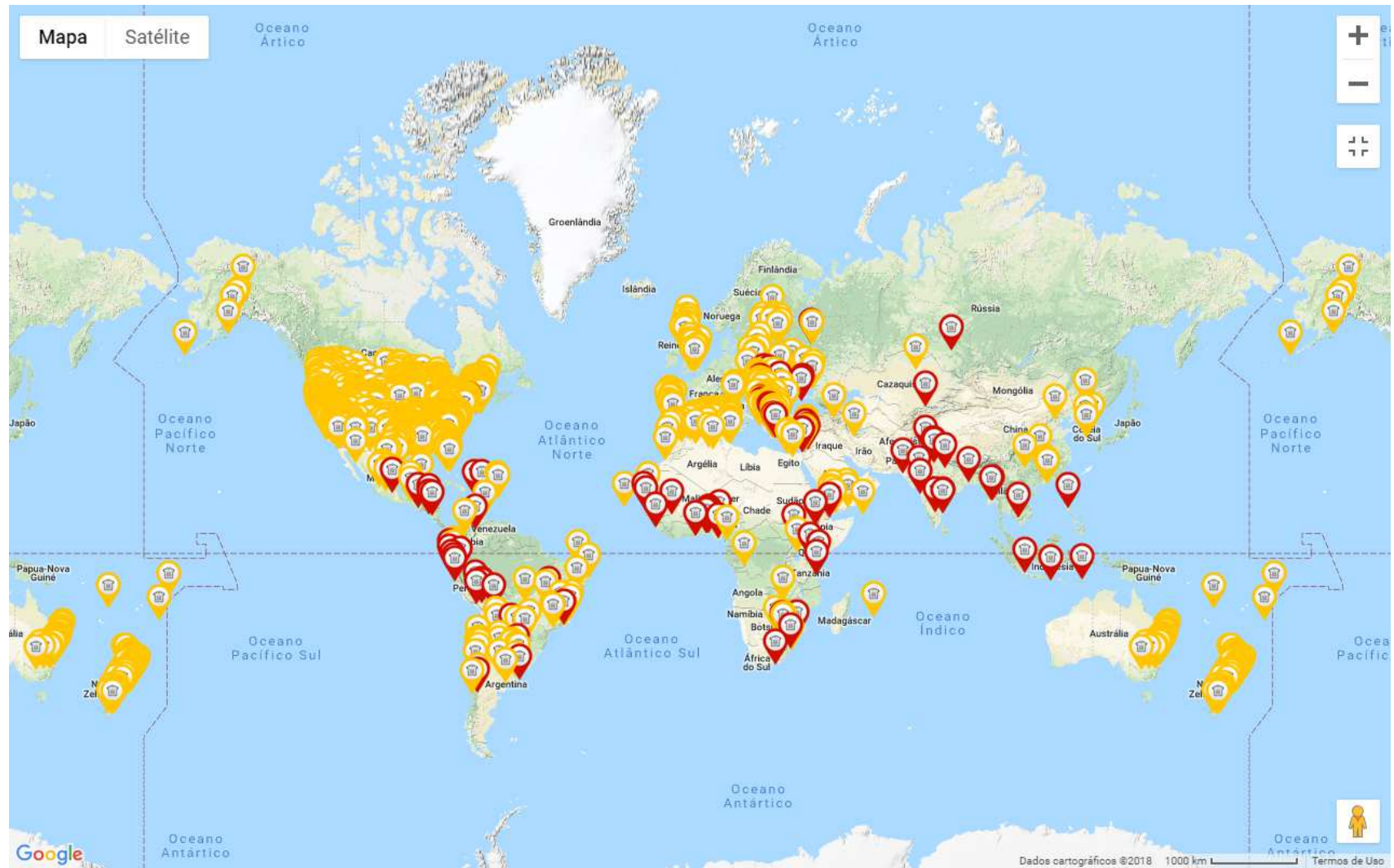
No Brasil, a ABRELPE (2015), considerando as metas previstas na PNRS e no PLANARES, estima que o país precisaria investir R\$ 11,6 bilhões na infraestrutura, até 2031, para universalizar os serviços de tratamento e destinação final adequada dos resíduos sólidos. A este valor se somam R\$ 15,59 bilhões ao ano para custear a operação e a manutenção das plantas que seriam construídas.

Saídas e acúmulo de grandes volumes de resíduos sólidos per capita no sistema urbano-industrial são uma espécie de efeito colateral do crescimento econômico. Assim sendo, no passado, a geração de resíduos sólidos resultantes da produção e do consumo foi aceita pelo senso comum como um mal necessário. Atualmente, esta ideia é cada vez mais rejeitada em favor do ideal de eliminar o desperdício e assumir uma atitude responsável em relação aos recursos e ao meio ambiente. No entanto, a saída do ideal para o concreto exigirá intervenções abrangentes, para que abordagens como redução, reutilização e reciclagem sejam realmente levadas em consideração em todas as fases do ciclo de vida do produto (EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICE, 2017, p. 15).

A gestão de resíduos sólidos tem contribuído para minimizar essa situação. É preciso reconhecer que, graças a ela, progressos significativos foram alcançados em relação à redução dos impactos decorrentes da geração e descarte de resíduos sólidos no meio ambiente e na saúde humana. A pesquisa, os instrumentos legais, as regulamentações técnicas, os investimentos em infraestrutura de saneamento, tanto por parte do setor público quanto do privado, levaram muitos países a uma situação em que os resíduos são gerenciados de forma confiável e ambientalmente adequada (EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICE, 2017, p. 15).

Mas, ainda há muito a ser feito. Tradicionalmente, a gestão de resíduos sólidos em vários países se baseia em coletar e depositar resíduos mistos de fontes variadas em algum lugar, planejado ou não para tal finalidade. A Figura 26 apresenta pontos de disposição final mapeados pelo *Waste Atlas*, um mapa de acesso gratuito onde se visualiza dados de gerenciamento de resíduos sólidos em todo o mundo. O atlas é produzido a partir de dados publicados e com a contribuição de pesquisadores de diferentes países. Já foram incluídos no mapa dados de 164 Países e 1.799 cidades. Até o presente, identificou-se 1.626 aterros sanitários (em amarelo) e 93 lixões (em vermelho).

Figura 26 – Mapa mundial das deposições de resíduos sólidos.



Fonte: Waste Atlas (D-WASTE, 2018).

Com ou sem a observância das boas práticas de Engenharia Sanitária, o fato é que resíduos sólidos foram, e ainda são, concentrados e acumulados em pontos espalhados por todo o globo terrestre configurando o que Fehr (1999) chamou de “Planeta Lixo”.

Este volume de resíduos que foi e ainda é eliminado todos os dias, conforme discutido anteriormente, constitui passivos ambientais em todo o planeta. Logo, continuar concentrando e acumulando resíduos é o mesmo que criar e agravar passivos ambientais. Ou seja, é algo insensato, para não dizer insano. Assim sendo, a gestão de resíduos sólidos terá que evoluir! Terá que abandonar a postura reativa e as tecnologias de fim de tubo (*end of pipe*) e tornar-se parte integrante da Economia Circular.

As partes envolvidas na gestão de resíduos sólidos terão que participar ativamente da construção de novos padrões de produção e consumo. Principalmente no momento do design do produto circular, quando deverão explicar como os componentes ou produtos poderão ser desmontados para a remanufatura ou para a reciclagem. Neste sentido, terão que ser parceiros em novos modelos de negócios, que se concentrem tanto na redução dos resíduos quanto na sua transformação em recursos. As empresas do setor de gestão de resíduos sólidos, atuando em colaboração com o segmento industrial, serão responsáveis pelo recolhimento e fornecimento de matérias-primas secundárias, com qualidade adequada para retroalimentar os processos de produção (EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICE, 2017, p. 15-16).

Diante desta percepção, o setor de gestão de resíduos sólidos, em todo o mundo, iniciou uma discussão com o objetivo de se posicionar nesse contexto emergente. Os parágrafos seguintes descrevem o que já foi discutido e decidido até o momento, visto que o debate está em curso.

A *International Solid Waste Association* (ISWA) é uma organização internacional, não governamental e sem fins lucrativos, que atua pelo interesse público de promover e desenvolver o setor de resíduos sólidos ao redor do mundo, da qual a ABRELPE é a representante no Brasil. ISWA reconheceu que o modelo de gestão e gerenciamento de resíduos sólidos está ultrapassado e estabeleceu uma equipe de trabalho, em junho de 2014, para preparar um estudo sobre as tendências atuais, com o objetivo de informar os atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos.

Estes estudos foram apresentados e discutidos em vários eventos, por exemplo, em São Paulo (*ISWA World Congress 2014 Special Session* – setembro de 2014); em Paris (*Task Force on Resource Management Expert Workshop* – junho de 2015); em Antuérpia (*ISWA World Congress 2015* – setembro de 2015); e em Bruxelas (*Circular Economy: Resources and*

Opportunities: The Challenge of Circular Economy for the Waste Management industry – em novembro de 2015).

Em função dos estudos e eventos realizados, uma série composta por seis relatórios foi publicada (INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d, 2015e, 2015f). Do conteúdo encontrado nestes relatórios, destaca-se os seguintes pontos (INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION, 2015f, p. 10-11):

- a) a Economia Circular é vista como uma oportunidade para o setor de gestão de resíduos sólidos, uma vez que surgirão novas tecnologias, modelos de negócios e parcerias. Portanto, o setor precisa desenvolver um roteiro próprio para a Economia Circular, reconhecendo a necessidade de colaboração entre os diversos atores;
- b) o setor de gestão de resíduos sólidos pode contribuir para a redução significativa do impacto ambiental associado à extração e à produção de matérias-primas primárias, fornecendo resíduos como material secundário para os processos produtivos. Além disso, pode reduzir a emissão de GEE nas atividades associadas ao seu exercício;
- c) o setor de gestão de resíduos sólidos deverá apoiar, facilitar e operar iniciativas com o objetivo de evitar e reduzir a geração de resíduos, pois isto é fundamental para promover o uso eficiente dos recursos na Economia Circular;
- d) por razões tecnológicas e científicas tais como: a deterioração do material e a presença de substâncias perigosas nos resíduos, não é possível fechar completamente os ciclos. Para tanto, é preciso que haja avanços tecnológicos substanciais, o que ainda levará um tempo considerável. Enquanto isto, a vida efetiva dos materiais pode ser estendida através da utilização em cascata, antes do encaminhamento dos resíduos sólidos para a destinação final, com ou sem recuperação energética;
- e) os fluxos circulares também produzirão uma quantidade residual de materiais, devido a condições de mercado, tecnologias disponíveis ou barreiras sociais. Este fluxo residual deve ser considerado como um recurso energético, juntamente com a fração biodegradável de resíduos sólidos municipais e resíduos industriais;
- f) a implantação da Economia Circular dependerá, entre outras coisas, do desenvolvimento de pesquisas multidisciplinares, para encontrar caminhos viáveis, superar barreiras e desenvolver uma abordagem sistêmica. A experiência do setor de gestão de resíduos sólidos no desenvolvimento e operação de soluções para a recuperação de materiais e energia, bem como a sua experiência diária no

- gerenciamento dos resíduos sólidos no contexto da Economia Linear, pode contribuir para essa tarefa;
- g) o bom funcionamento dos mercados de materiais será muito importante para a Economia Circular. Sistemas de negociação e bolsas que ofereçam informações comerciais transparentes e abertas poderão reduzir a volatilidade dos preços e o risco nas transações, tornando o comércio de resíduos sólidos mais atrativo e viável;
 - h) existe uma necessidade de rever e adequar quadros políticos, legais e fiscais para apoiar o setor de gerenciamento de resíduos na emergente Economia Circular. Além disso, é preciso garantir uma relação equilibrada entre materiais primários de um lado e resíduos recuperados e produtos remanufaturados de outro;
 - i) todos os atores da cadeia de valor precisam interagir e se envolver na transição para a Economia Circular: designers, produtores, fabricantes, consumidores, gestores, políticos e o setor de gestão de resíduos sólidos.

Um dos obstáculos a ser vencido na transição é o gerenciamento da cadeia de valor da Economia Circular, o que envolverá o gerenciamento da recuperação e do retorno de componentes e produtos, compostos por materiais e modelos os mais variados, colocados no mercado consumidor em diferentes momentos e condições. Será preciso estabelecer procedimentos para rastreamento de ativos, otimização de fluxos de materiais e regulamentação do manejo de resíduos, de maneira que o valor dos produtos retornados seja preservado (CRANFIELD UNIVERSITY; DEUTSCHE POST DHL GROUP, 2016, p. 3).

Trata-se aqui de um dos principais blocos de construção da Economia Circular: a logística reversa. Tão importante quanto a logística que permite o comércio global através do transporte e distribuição de recursos e bens, é a logística reversa, pois ela fecha o ciclo. Na Economia Circular ela é fundamental para a recuperação de materiais, componentes e produtos no fim de sua vida útil (CRANFIELD UNIVERSITY; DEUTSCHE POST DHL GROUP, 2016, p. 3).

A logística reversa pode impulsionar o fluxo circular de recursos e bens, vincular mercados e proporcionar transparência nas cadeias de suprimentos, independentemente de sua complexidade. Assim, as empresas especializadas em logística, particularmente as que atuam globalmente, que contam com boa infraestrutura e experiência, serão atores importantes e facilitadores da transição (CRANFIELD UNIVERSITY; DEUTSCHE POST DHL GROUP, 2016, p. 3).

Ao projetar novos modelos para a gestão de resíduos sólidos na Economia Circular é preciso considerar as etapas do ciclo de vida dos produtos: (I) o design do produto; (II) os processos de produção; (III) o consumo; e (IV) o gerenciamento de resíduos sólidos pós-consumo (ESPON, 2016, p. 4).

No que diz respeito à fase de design do produto, as autoridades locais e regionais podem determinar a compra de produtos e soluções produzidas em processos limpos e eficientes no uso de recursos, duráveis, facilmente reparáveis, atualizáveis, reutilizáveis ou recicláveis. Esta prática administrativa incentiva o mercado a desenvolver soluções e as torna mais acessíveis (ESPON, 2016, p. 5).

Quanto à etapa de produção, cidades e regiões podem aglutinar partes interessadas para promover o abastecimento sustentável de matérias-primas e diferentes modos de circulação de recursos, como a simbiose industrial, o arrendamento químico ou a remanufatura (ESPON, 2016, p. 5).

As autoridades locais e regionais também podem influenciar ativamente os padrões de consumo de famílias, empresas e organizações, por meio de campanhas de educação e sensibilização, promovendo o compartilhamento, a reutilização e a reparação (ESPON, 2016, p. 5).

No final do ciclo de vida do produto o gerenciamento dos resíduos sólidos pós-consumo acaba sendo uma responsabilidade associada ao nível municipal, embora isto não seja verdadeiro por conta do princípio da responsabilidade compartilhada. Neste ponto, quando os resíduos sólidos precisam ser gerenciados, as autoridades locais e regionais podem melhorar seus sistemas de coleta, colocar em prática o princípio da responsabilidade compartilhada e adotar sistemas de tratamento biológico para os resíduos orgânicos. (ESPON, 2016, p. 5).

Por fim, ressalta-se que a implantação de novos modelos para a gestão de resíduos sólidos na Economia Circular, em cidades e regiões, é um processo complexo, porque envolve atores de diferentes setores. A falta de cooperação e conscientização por parte deles pode resultar em fracasso (ESPON, 2016, p. 5).

Fica claro, portanto, que será exigida de todos os atores envolvidos na gestão de resíduos sólidos, tanto públicos quanto privados, uma profunda transformação, que deverá ir muito além do gerenciamento de resíduos, no sentido de expandir a sua perspectiva, a sua atuação e alterar a sua infraestrutura. Em um primeiro momento, o setor de gestão de resíduos sólidos deverá favorecer a transição e, em um segundo, ser incorporado à Economia Circular.

4.6 Primeiras ponderações

Ao refletir sobre a Economia Circular e a sua relação com os resíduos sólidos alguns pontos ficaram bastante evidentes: (I) na Economia Circular não há desperdício nem rejeitos; (II) em um período de transição da Economia Linear para a Circular, ainda haverá resíduos sólidos e rejeitos circulando nos sistemas urbano-industriais, portanto, ainda haverá áreas de disposição final; (III) quando todos os rejeitos forem eliminados, as áreas de disposição final serão dispensáveis; e (IV) estas áreas são passivos ambientais a serem erradicados, a partir do momento em que a transição para a Economia Circular se completar.

Projetando estas constatações no plano das cidades, percebe-se três cenários possíveis³¹: (I) a Cidade Reativa, onde o aumento do volume de resíduos sólidos e rejeitos será diretamente proporcional ao crescimento demográfico e à urbanização; (II) a Cidade Transição, onde haverá uma parcela de resíduos sólidos e rejeitos a ser manejada; e (III) a Cidade Circular, onde não haverá nem desperdício e nem rejeitos.

Na Cidade Reativa o Planejamento e a Gestão Ambiental municipal continuarão exatamente como estão. Ou seja, no que tange ao Saneamento Básico, especificamente ao manejo de resíduos sólidos, o município continuará focado em ações corretivas. O controle ambiental permanecerá sendo exercido no ambiente de saída do sistema urbano-industrial, por meio de tecnologias de fim de tubo (*end of pipe*), cujo principal objetivo é conter as externalidades negativas dos processos metabólicos urbanos, sem realizar intervenções no próprio processo. No caso do gerenciamento de resíduos sólidos, trata-se da infraestrutura utilizada para removê-los e minimizar os seus impactos ambientais negativos (máquinas, equipamentos e instalações). Os instrumentos legais se limitarão a cumprir determinações superiores, postas pela esfera estadual e federal ou por órgãos de justiça. A pergunta que não se cala na Cidade Reativa é: o que fazer com os resíduos sólidos e com os rejeitos?

A Cidade Transição é aquela que interessa neste trabalho. É ela quem vai pavimentar o caminho para a Cidade Circular, descrita na seção anterior. Nela, o Planejamento e a Gestão Ambiental municipal serão pautados pela visão preventiva, onde as externalidades negativas dos processos metabólicos urbanos serão antevistas, o que permitirá realizar intervenções no processo, evitando que elas ocorram. Os instrumentos legais serão proativos, concebidos para atrair modelos de negócios baseados em Economia Circular e estimular o uso de tecnologias limpas. Desta maneira, o volume de resíduos sólidos e de rejeitos será menor à medida que o volume de produtos reutilizados (por compartilhamento, conservação e remanufatura) e o

³¹ A denominação dos cenários foi estabelecida pela autora.

volume de materiais reciclados forem maiores. Desta forma, os investimentos em infraestrutura para realizar o gerenciamento de RSU poderão ser gradativamente reduzidos e remanejados no orçamento municipal. A pergunta norteadora na Cidade Transição é: o que fazer para não gerar resíduos sólidos e rejeitos?

Quanto à Cidade Circular, após a transição será possível saber o que ela realmente é, ou seja, se ficou na intenção de ser algo concreto ou se a sua força inspiradora foi suficiente para torná-la real. De qualquer forma, para o presente, ela é um elemento norteador do Planejamento Urbano voltado para horizontes futuros, ou seja, ela é meta a ser alcançada.

Na próxima parte deste trabalho, a partir da fundamentação teórica e dos elementos percebidos durante o estudo dos temas abordados até aqui, apresenta-se um artefato projetado.

No capítulo 5 foi proposto um modelo de referência para o planejamento e a concepção de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, que pode ser adotado pelos municípios brasileiros, em um período de transição da Economia Linear para a Circular, ou seja, no cenário da Cidade Transição.

No capítulo 6, o artefato projetado foi testado em um estudo de caso, desenvolvido no Município de Goiás, onde verificou-se a aplicabilidade do modelo no planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos municipal, mais especificamente naquilo que se refere aos RSU.



DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

5 UM MODELO PARA A TRANSIÇÃO

Este capítulo apresenta um artefato projetado. A partir da observação e análise dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, encontrados na grande maioria dos municípios brasileiros, foi identificado o modelo que lhes serve como referência. Na sequência, e com base neste estudo, foi projetado um modelo adaptado aos pressupostos da Economia Circular. Inicia-se o capítulo conceituando, classificando e enquadrando metodologicamente o artefato projetado. Em seguida, analisa-se o atual modelo de referência. Por fim, apresenta-se o Modelo de Transição, que pretende ser uma nova referência para o planejamento e a concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos nos municípios brasileiros.

Antes da apresentação do artefato projetado, ou seja, do Modelo de Transição, cumpre explicitar o entendimento a respeito do conceito de “modelo”.

Bunge (1974, p. 29), ao refletir sobre o significado dos modelos e seu papel na pesquisa científica, explica que:

O termo “modelo” designa uma variedade de conceitos que é preciso distinguir. Nas ciências teóricas da natureza e do homem parece haver dois sentidos principais: o modelo enquanto representação esquemática de um objeto concreto e o modelo enquanto teoria relativa a esta idealização. O primeiro é um conceito do qual certos traços podem às vezes ser representados graficamente, ao passo que o segundo é um sistema hipotético-dedutivo particular e, portanto, impossível de figurar, salvo como árvore dedutiva.

Bunge (1974, p. 11-30), definiu os elementos fundamentais para apreender teoricamente a realidade mediante o uso de modelos na ciência e apresentou definições para “objeto” e “modelo”, apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13 – definições para “objeto” e “modelo” segundo Bunge.

Objeto concreto (r)	São os exemplares reais que podem ser observados, medidos e documentados.
Objeto-modelo (m)	É criado pela mente humana e representa apenas de forma parcial o objeto concreto ao qual se refere pois, na sua formação “se negligenciam complexidades reais, mas em compensação se obtêm soluções exatas, que são mais fáceis de interpretar que as soluções aproximadas de problemas mais complexos” (BUNGE, 1974, p. 15). Em suma, é “uma representação conceitual esquemática de uma coisa ou de uma situação real ou suposta como tal” (BUNGE, 1974, p. 16).
Modelo teórico (Ts)	Também denominado “teoria específica”. “É um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo” (BUNGE, 1974, p. 16). Ou seja, trata-se de uma teoria do objeto-modelo; onde, além de esquematizar, é preciso descrever tudo em detalhes e de acordo com as leis gerais conhecidas.
Teoria geral (Tg)	É um sistema de proposições que pelo fato de ser geral não pode ser testada empiricamente. “A comprovação de teorias gerais demanda a comprovação de teorias específicas; [...] o que se pode testar é uma teoria geral equipada de um objeto-modelo – em suma, um modelo teórico” (BUNGE, 1974, p. 36).

Fonte: adaptado de Bunge (1974, p. 11-30).

Unindo os elementos citados acima, Bunge (1974, p. 25) ensina que deve-se distinguir as seguintes construções:

[...] o objeto-modelo *m* representando os traços-chave (ou supostos-chave) de um objeto concreto *r* (ou suposto concreto); o modelo teórico *Ts* especificando o comportamento e/ou o(s) mecanismo(s) interno(s) de *r* por meio de seu modelo *m*; e a teoria geral *Tg* acolhendo *Ts* (e muitas outras) e que deriva seu valor de verdade bem como sua utilidade de diversos modelos teóricos que podemos construir com seu auxílio – mas jamais sem suposições e dados que a extravasam e recolhidos pelo objeto modelo *m*.

Logo, considerando os ensinamentos de Bunge, o trabalho apresentado neste capítulo pode ser enquadrado da seguinte forma: o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos adotado atualmente pelos municípios brasileiros, é o “objeto concreto” (*r*); os diagramas e fluxogramas, através dos quais tanto o objeto concreto, quanto o artefato projetado, foram esquematizados, constituem o “objeto-modelo” (*m*); a descrição detalhada dos diagramas e fluxogramas é o “modelo teórico” (*Ts*); e a Economia Circular é a “teoria geral” (*Tg*), que forneceu subsídios para construir o artefato projetado.

Na intenção de obter mais elementos para compreender e definir “modelos” outros autores foram pesquisados. Dentre eles, Echenique (1975, p. 235-248) que, desenvolvendo estudos sobre os sistemas urbanos, apresentou as definições, funções e classificações dos modelos, bem como as condições para construí-los.

O autor, tal qual o fez Bunge, afirmou que um modelo é uma representação de uma realidade, feita através da expressão de certas características observadas e julgadas relevantes. Porém, acrescentou que esta realidade consiste nos objetos ou sistemas que existem, existiram ou podem existir.

Para construir um modelo deve haver um objeto ou sistema a ser investigado; uma intenção, claramente expressa, pela qual fazer uma seleção; um processo de observação e abstração; um processo de tradução através dos meios de representação e um processo de testar e estabelecer conclusões (ECHENIQUE, 1975, p. 237).

Emprega-se a palavra “modelo” como substituta para a palavra “teoria”. Distingue-se três tipos de teorias de acordo com a sua capacidade preditiva: modelos analógicos materiais, modelos conceituais e as teorias formais.

Nos modelos analógicos materiais, emprega-se uma teoria que explica alguns dos fenômenos do mundo real, como modelo para prever uma nova propriedade na explicação de outros fenômenos, com base na similaridade de certos fatos observáveis. Os modelos representativos dos sistemas urbanos são exemplos deste tipo, uma vez que são preditivos e

justificados por critérios de seleção, que se referem aos modelos como dados empíricos (ECHENIQUE, 1975, p. 238).

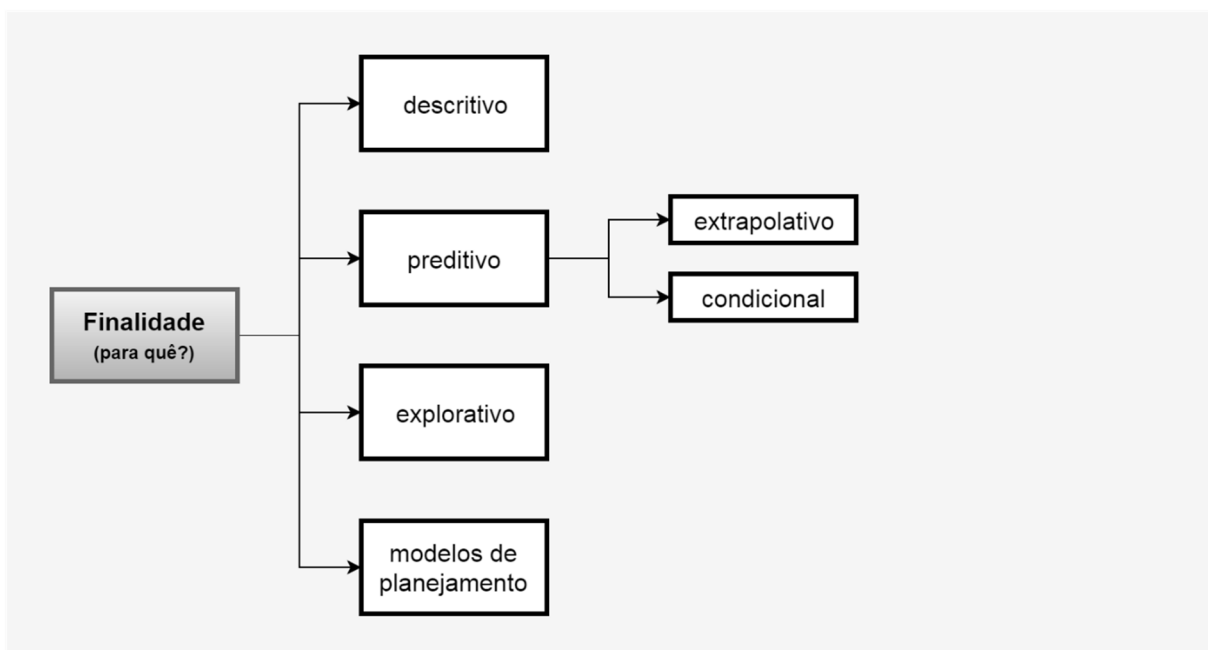
O modelo conceitual é aquele em que a previsão de uma nova propriedade da explicação é totalmente imaginativa e não deriva de maneira alguma de uma teoria causal. Devem ser considerados como dispositivos imaginativos para serem modificados e ajustados. Quando um modelo similar não pode ser encontrado para uma explicação, o modelo conceitual cumpre uma função muito importante, embora possa ser considerado arbitrário nos primeiros estágios de desenvolvimento. Estes modelos também são preditivos, mas não justificados por critérios de seleção (ECHENIQUE, 1975, p. 240).

Quando os fenômenos são explicados diretamente, a explicação deles se torna uma teoria formal, que é pouco preditiva. Aqui se incluem os modelos matemáticos (ECHENIQUE, 1975, p. 240).

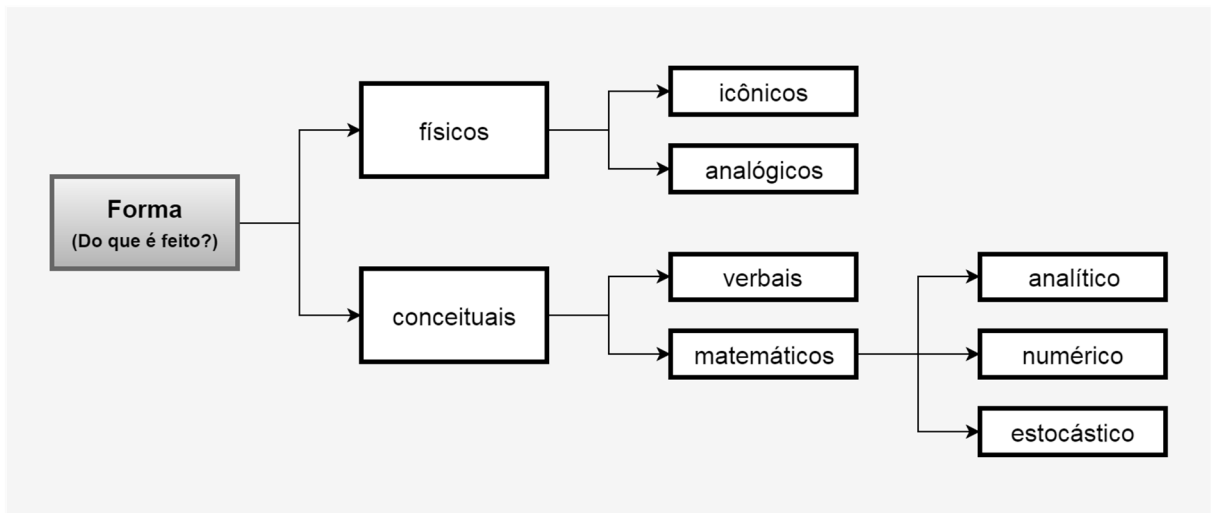
Echenique (1975, p. 241) afirma que o principal objetivo de um modelo é fornecer uma imagem simplificada e inteligível da realidade, a fim de compreendê-la melhor. Para tanto, deve ser possível manipular o modelo para propor melhorias.

Os modelos podem ser classificados em três categorias, dependendo da sua finalidade (para que é feito? Figura 27a), da sua forma (do que é feito? Figura 27b) e de como o fator tempo é interpretado (Figura 27c).

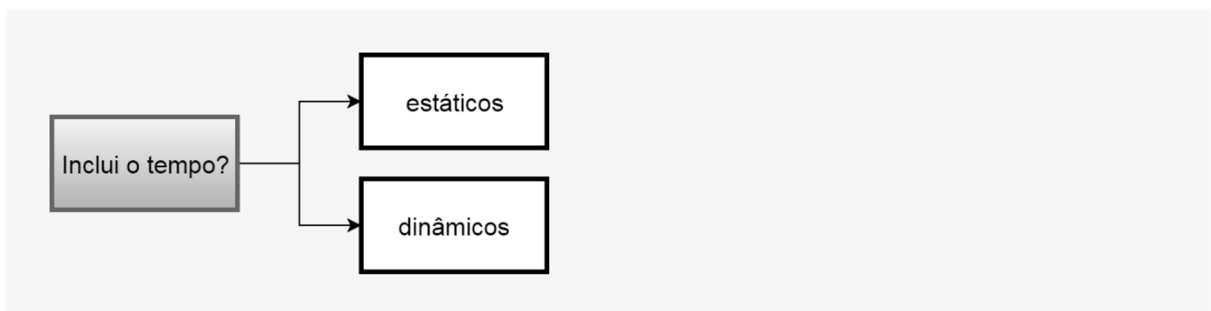
Figura 27 – Tipologia dos modelos segundo Echenique.



(a) Tipologia dos modelos de acordo com a sua finalidade.



(b) Tipologia dos modelos de acordo com a sua forma.



(c) Tipologia dos modelos de acordo com o tempo.

Fonte: adaptado de Echenique (1975, p. 235-248).

Assim, considerando a tipologia dos modelos segundo Echenique (Figura 27), no que se refere à sua finalidade, o modelo que representa os atuais sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (m1: objeto-modelo do objeto concreto r) é descritivo. Ele foi identificado com o objetivo de demonstrar a realidade em estudo para, a partir dela, prever, explorar ou planejar.

O artefato projetado, que se constitui de seu respectivo objeto-modelo (m2) e de um modelo teórico (Ts), é do tipo preditivo, pois pretende antever uma situação futura e demonstrar a maneira pela qual os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos podem evoluir, baseando-se em conhecimentos e tecnologias já estabelecidos (Tg). Algumas alternativas foram excluídas durante o desenvolvimento do artefato, ou porque não estavam de acordo com a teoria e os pressupostos da Economia Circular, ou porque ainda não foram descobertas.

Quanto aos meios escolhidos para representar a realidade, ambos os objetos-modelo (m1 e m2) são físicos e analógicos, onde elementos gráficos foram empregados para representar situações dinâmicas (sistemas e processos). O modelo teórico (Ts), parte integrante do artefato

projetado, é também conceitual do tipo verbal, uma vez que descreve, comenta e explica os elementos constituintes do artefato projetado.

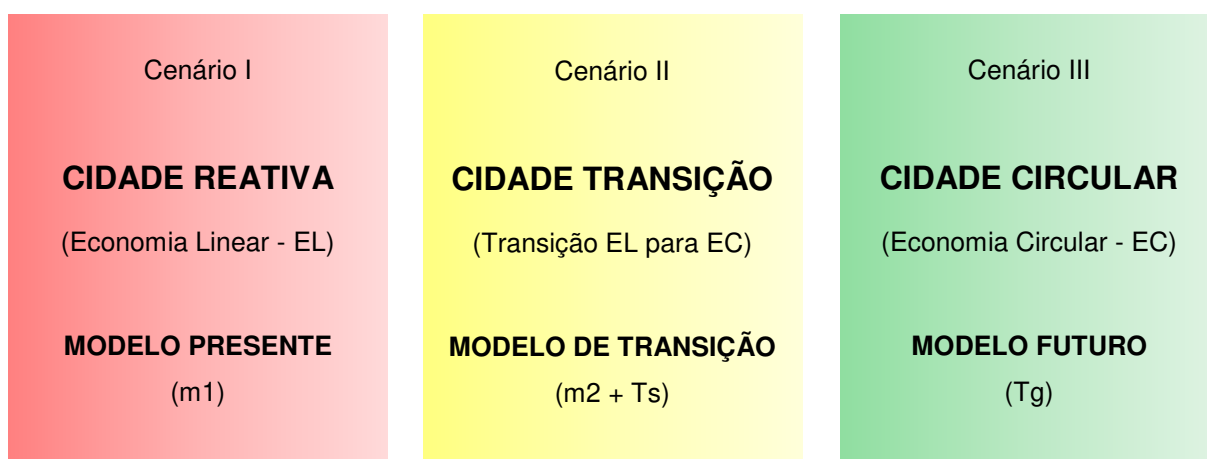
Em relação ao fator tempo, o objeto-modelo que representa os atuais sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (m1) é estático, porque apresenta uma imagem instantânea do momento presente. O modelo teórico do artefato projetado (Ts), ao prever estados futuros do sistema, inclui o fator tempo como variável sendo, portanto, dinâmico.

Ainda, como parte dos esclarecimentos, é preciso demonstrar o caminho percorrido pelo esforço intelectual. Ou seja, explicar como os elementos obtidos a partir da fundamentação teórica foram inseridos e ordenados no artefato projetado (m2 + Ts) e, também, que padrões orientaram o estabelecimento desta ordem.

Para organizar e sistematizar o trabalho, optou-se por uma análise de cenários, pois ela permite tanto examinar e avaliar o contexto atual, quanto estabelecer outros contextos localizados no tempo e no espaço. A principal função da análise de cenários no planejamento estratégico não é prever o futuro, mas identificar fatores que podem se tornar reais no médio e longo prazo, possibilitando assim, uma tomada de decisão mais fundamentada e precisa.

Uma vez explicitado o entendimento a respeito do conceito de modelo e a partir das ponderações apresentadas na seção 4.6, foram esboçados e analisados três cenários, vislumbrando como seria o modelo de referência por trás do planejamento e da concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos em cada um deles. A Figura 28 apresenta os cenários esboçados.

Figura 28 – Cenários e modelos de referência nos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

No cenário Cidade Reativa, relativo ao contexto atual observado nos municípios brasileiros, foi identificado e analisado o modelo que tem sido a referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, bem como os seus respectivos processos de gerenciamento (objeto-modelo m1). Neste trabalho, ele foi denominado Modelo Presente. A identificação do Modelo Presente envolveu a observação e o registro da realidade predominante nos municípios brasileiros, no que diz respeito aos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, valendo-se da experiência profissional acumulada no trato desta questão. Durante a análise do Modelo Presente ficou claro onde estão localizados os seus principais “nós” e o que é possível fazer para desatá-los, considerando o atual estado da arte no campo da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos. A análise do Modelo Presente se encontra na seção 5.1.

A partir dos ensinamentos obtidos junto às fontes pesquisadas e apresentadas na fundamentação teórica, especificamente no capítulo 4, obteve-se subsídios e ideias para antever o modelo que será a referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos no cenário Cidade Circular (Tg), denominado Modelo Futuro” neste trabalho.

Tendo de um lado o Modelo Presente e de outro o Modelo Futuro, foi realizada uma confrontação entre ambos, à luz do conhecimento técnico acumulado no campo da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos. Esta confrontação possibilitou a construção do artefato projetado, denominado Modelo de Transição (constituído do objeto-modelo m2 e do modelo teórico Ts). Ele foi proposto para ser empregado como um modelo de referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos dos municípios brasileiros, em um período de transição da Economia Linear para a Circular, ou seja, no cenário da Cidade Transição (Figura 28).

Esclarecimentos prestados, apresenta-se na seção seguinte a análise do Modelo Presente e em sequência, na seção 5.2, o Modelo de Transição.

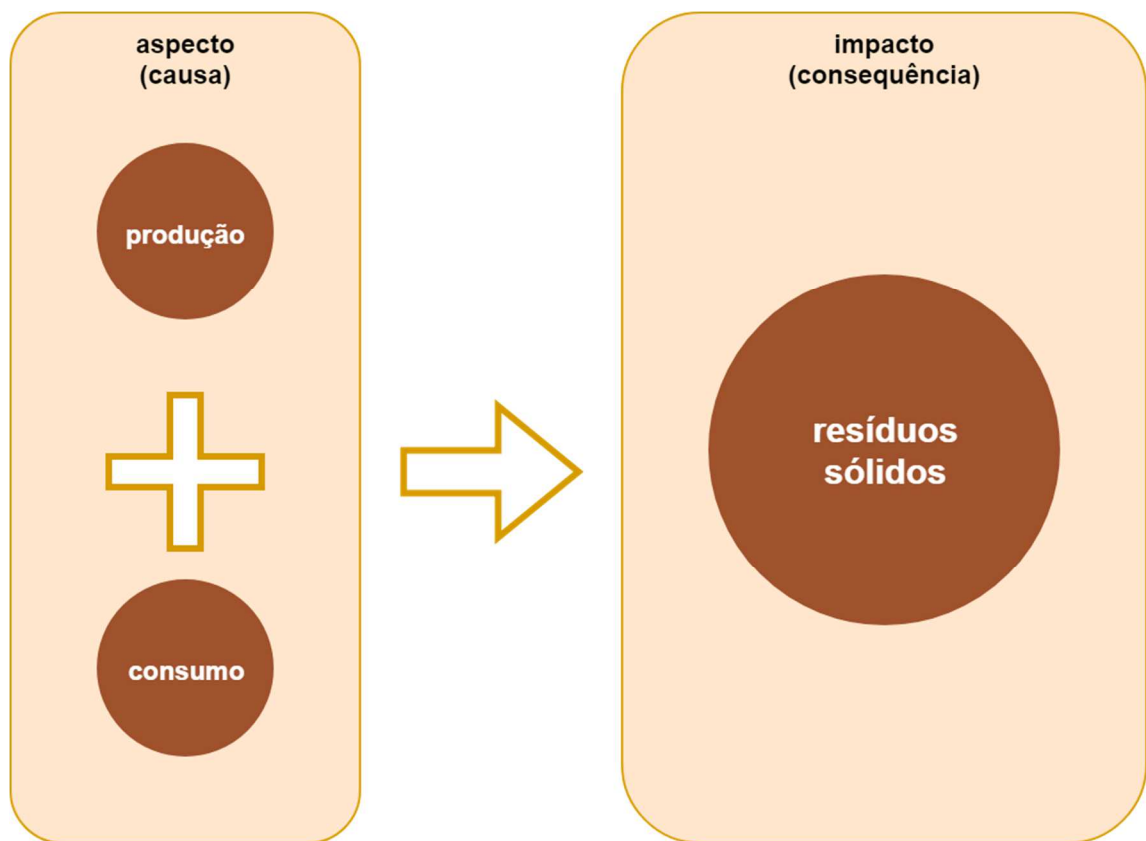
5.1 Análise do Modelo Presente

Ao analisar o Modelo Presente a primeira percepção é a de que pouco se atua para impedir, ou pelo menos reduzir, a geração de resíduos sólidos. A gestão municipal está focada no gerenciamento e no seu respectivo processo, cujo ponto de origem é a coleta, que não é seletiva, e o ponto de destino é a disposição final. Ou seja, atua-se nos impactos ao invés de se atuar nos aspectos da questão, segundo uma visão corretiva.

Barros (2012, p. 16) explica que o lixo é consequência e não causa. Assim sendo, para melhorar a gestão é preciso ter uma visão de conjunto, na qual a problemática dos resíduos sólidos seja analisada a montante da sua produção crescente, questionando os aspectos geradores dos impactos.

A observação mais atenta revela que a causa de tanto resíduo circulando e acumulando no sistema é, na verdade, a produção de bens de consumo descartados após o final da sua vida útil (Figura 29).

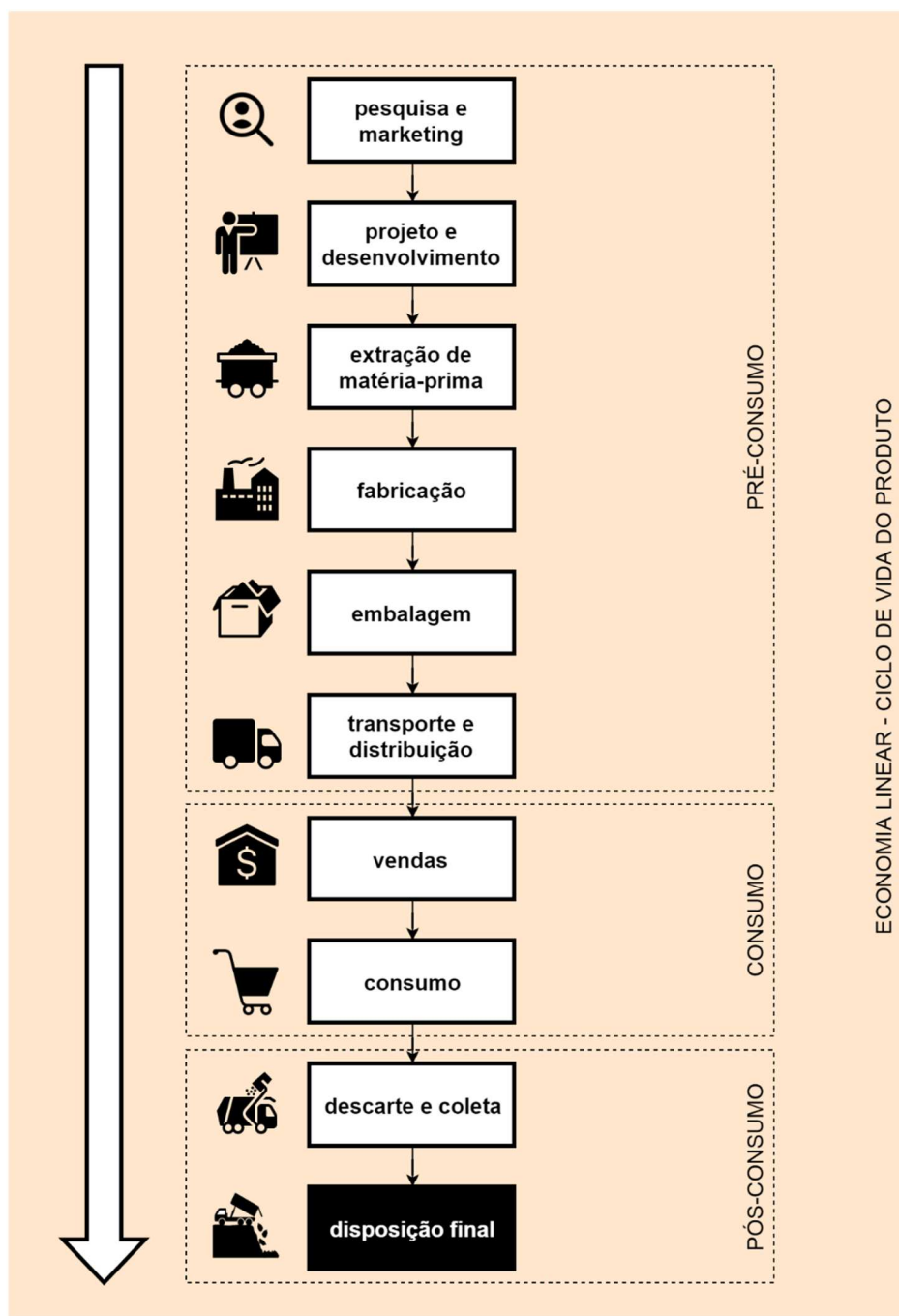
Figura 29 – Aspecto e impacto ambiental na geração dos resíduos sólidos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Ocorre que os produtos são concebidos, planejados e produzidos para percorrer um ciclo de vida linear, que é orientado pela lógica do “berço ao túmulo” e pelas estratégias de obsolescência. Apesar da crescente percepção por parte da sociedade quanto aos aspectos nocivos da produção industrial sobre a qualidade ambiental e a saúde humana e da vigência de instrumentos legais diversos, voltados para a proteção ambiental, boa parte do setor industrial ainda trabalha segundo o ciclo ilustrado na Figura 30.

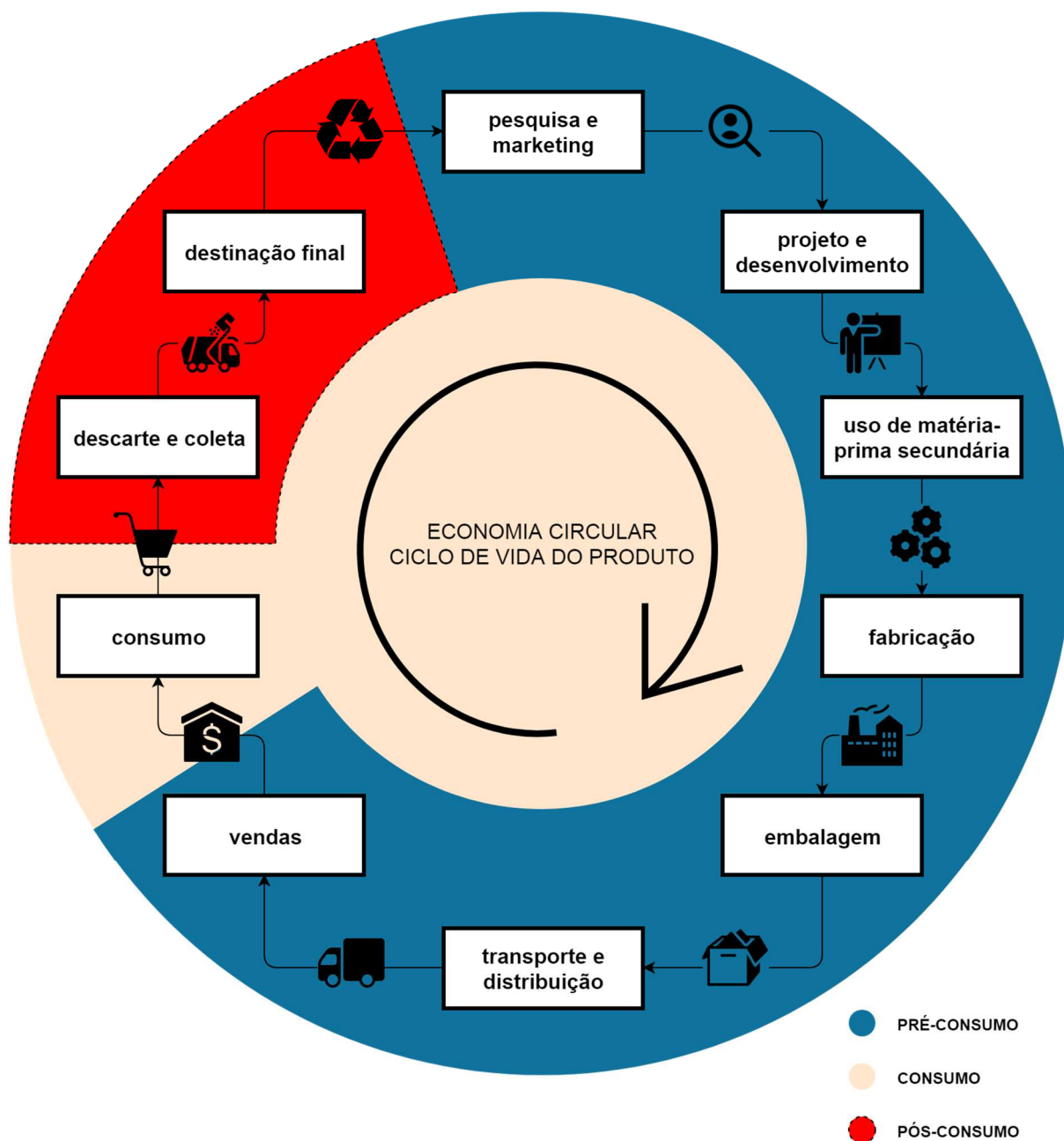
Figura 30 – Ciclo de vida do produto na Economia Linear.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Se os produtos fossem concebidos, planejados e produzidos segundo a lógica do “berço ao berço” (BRAUNGART e MCDONOUGH, 2014), o ciclo de vida do produto seria fechado e circular (Figura 31).

Figura 31 – Ciclo de vida do produto na Economia Circular.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Se no Modelo Presente prevalecesse a visão preventiva, primeiramente se consideraria uma atuação nos aspectos, ou seja, esforços seriam empreendidos para alterar a configuração do ciclo e impedir, ou pelo menos minimizar, a geração de resíduos sólidos, através de medidas preventivas. Isto significa atuar no nível da gestão, através de instrumentos legais, mecanismos de sustentabilidade e arranjos institucionais proativos. Não sendo suficiente essa atuação na gestão, como medida mitigadora corretiva, restaria atuar no gerenciamento dos resíduos sólidos.

Ressalta-se que no planejamento, concepção, implantação e operação dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos especial atenção deveria ser dada à geração, pois aí se localiza o aspecto do impacto socioambiental dos resíduos sólidos. Este aspecto só pode ser equacionado através da gestão. O gerenciamento se presta à minimização e controle dos impactos.

A Figura 32 demonstra a ordem de prioridade que deveria ser seguida no planejamento dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, para possibilitar uma atuação nos aspectos da problemática.

Figura 32 – Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos: ordem de prioridade.



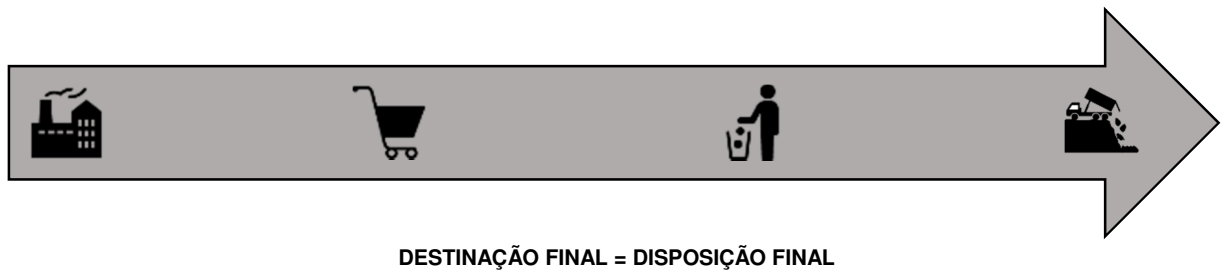
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O caminho para a evolução do Modelo Presente passa necessariamente pelo fechamento dos ciclos nos quais os resíduos sólidos são gerados e pela conversão dos fluxos lineares em circulares. Então, examine-se nos parágrafos seguintes a configuração dos ciclos e dos fluxos.

A Figura 30 apresenta uma configuração típica do Modelo Presente. Ressalta-se a linearidade do sistema. Identifica-se um vetor unidirecional, onde há um ponto de origem (processos produtivos e consumo) e um ponto de destino (lixões ou aterros), onde os resíduos são concentrados e acumulados.

Após o consumo, tendo em vista que o sistema de gestão falhou na redução da geração dos resíduos sólidos, entra em ação o processo de gerenciamento, onde a destinação final é igual à disposição final, configurando um modelo de ciclo aberto e fluxo linear (Figura 33). Neste tipo de modelo, a energia e os recursos naturais empregados na fabricação de produtos são convertidos em desperdício.

Figura 33 – Modelo com ciclo aberto e fluxo linear.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Se forem introduzidas no Modelo Presente estratégias para a valorização dos resíduos sólidos, parte da destinação final será diferente da disposição final, porém, ainda restará uma parcela de rejeitos a ser aterrada, porque o processo produtivo ainda não é configurado por ciclos totalmente fechados (Figura 34).

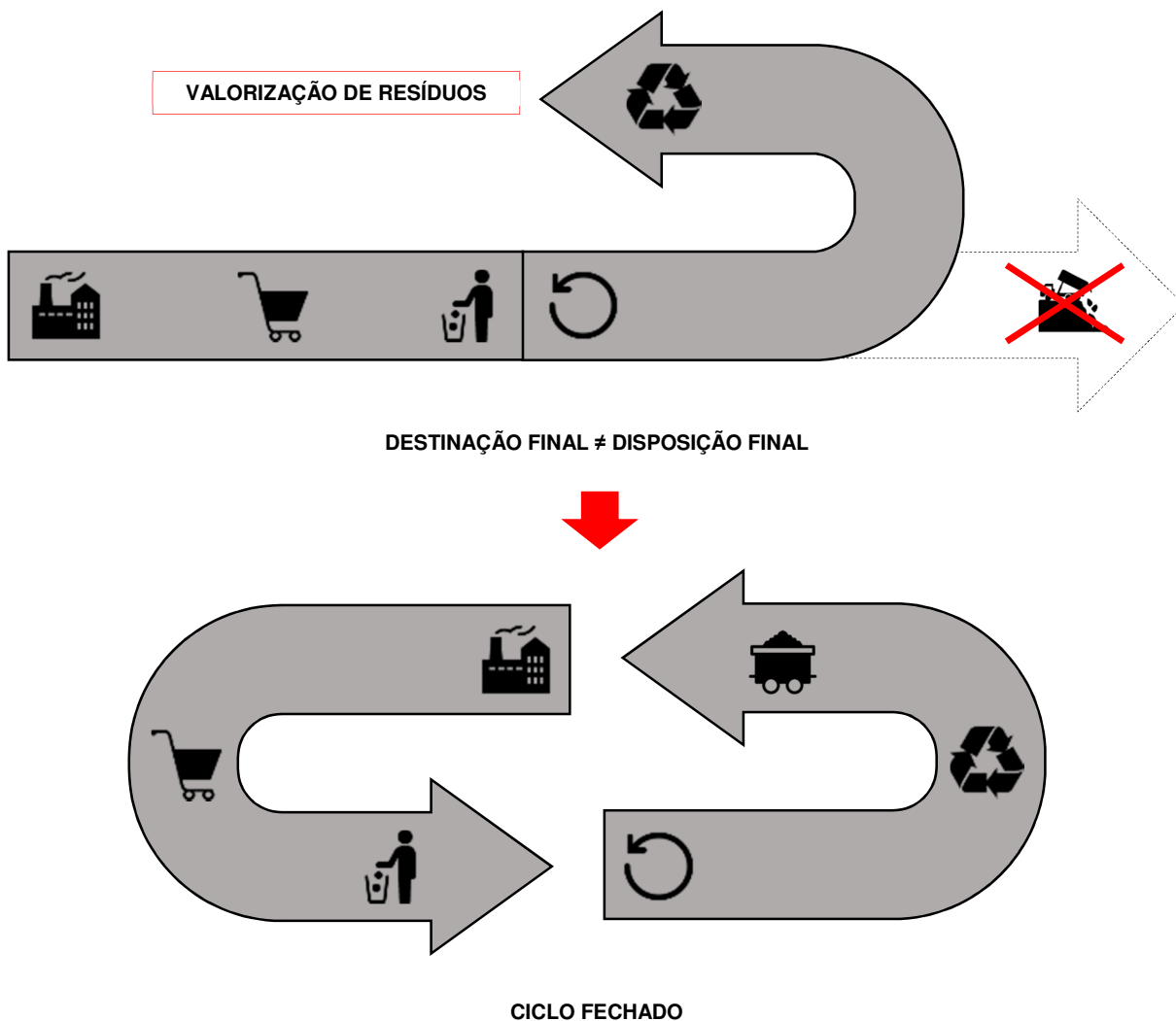
Figura 34 – Modelo com ciclo e fluxo mistos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Quando a destinação final é diferente da disposição final, ou seja, quando todos os resíduos sólidos são desviados dos lixões e aterros para serem valorizados e aproveitados como matéria-prima secundária nos processos produtivos, o modelo passa a ser configurado por ciclos fechados e fluxos circulares (Figura 35). Esta configuração só é possível em uma economia estruturada e organizada segundo um modelo circular e fechado, ou seja, em uma Economia Circular.

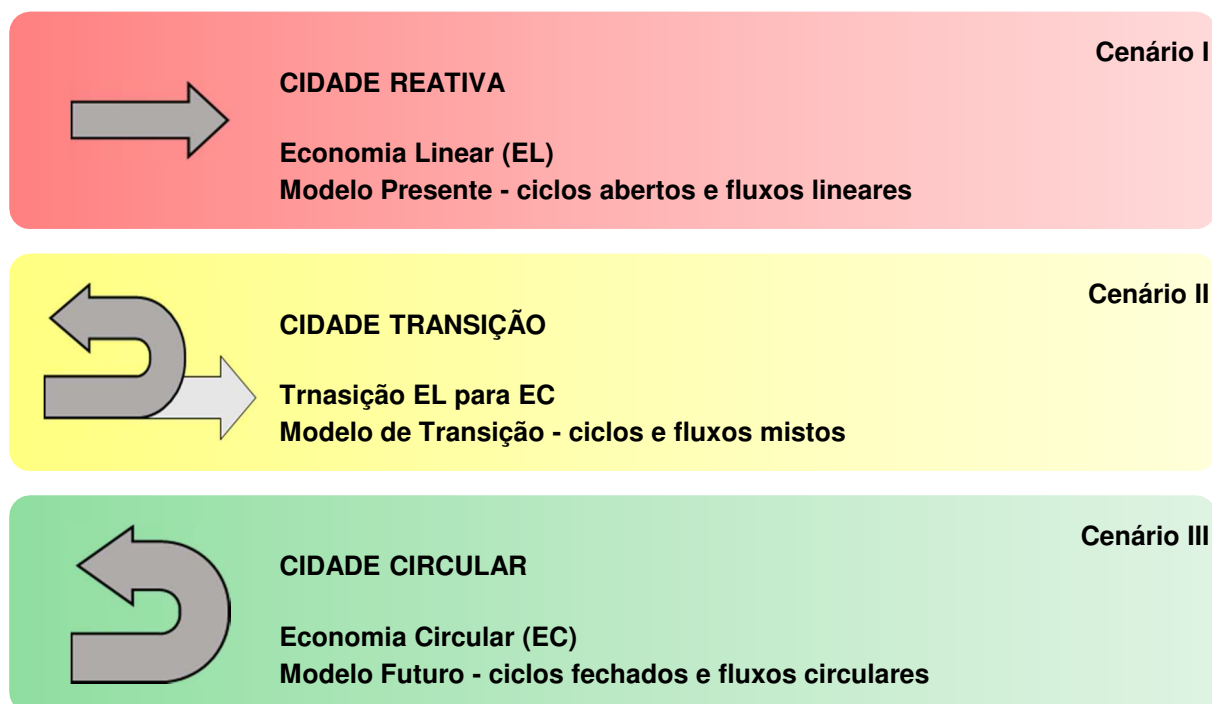
Figura 35 – Modelo com ciclo fechado e fluxo circular.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Correlacionando as configurações descritas acima aos cenários esboçados na seção 4.6, onde se estabeleceu uma relação entre a Economia Circular, as cidades e a problemática dos resíduos sólidos, identifica-se três conjunturas apresentadas na Figura 36 e explicadas nos parágrafos seguintes.

Figura 36 – Ciclos, fluxos e modelos de referência nos cenários esboçados.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O ciclo aberto e o fluxo linear (Figura 33) são típicos do Modelo Presente e correspondem ao cenário I – Cidade Reativa (Figura 36).

Quando as estratégias para a valorização dos resíduos sólidos são introduzidas no Modelo Presente (Figura 34), a correspondência se estabelece com o cenário II – a Cidade Transição (Figura 36). Embora haja uma significativa evolução do Modelo Presente, neste cenário ainda predomina a Economia Linear. Portanto, não é possível eliminar completamente a geração de resíduos sólidos, mas é possível promover o fluxo reverso deles, desviando-os das áreas de disposição final e aterrando somente os rejeitos. Isto significa uma redução significativa do volume de resíduos sólidos e da significância dos impactos ambientais negativos causados por eles.

Quanto aos ciclos fechados e aos fluxos circulares (Figura 35), eles só serão encontrados no cenário III – a Cidade Circular, quando predominará a Economia Circular, onde os resíduos sólidos serão empregados como matéria-prima secundária nos processos produtivos, não mais havendo desperdício nem rejeitos (Figura 36).

Assim sendo, no momento presente, no qual predomina a Economia Linear, a situação possível é aquela retratada na Figura 34, onde há a inserção de estratégias de valorização de resíduos sólidos no Modelo Presente, a fim de tornar circular o processo de gerenciamento. Esta situação se refere à conjuntura da Cidade Transição (Figura 36), onde o Modelo Presente

incorpora a circularidade e possibilita uma configuração circular do processo de gerenciamento. Porém, as áreas de disposição final ainda não podem ser dispensadas, porque na Economia Linear sempre haverá resíduos sólidos não valorizados e rejeitos, assim como restos dos processos produtivos e do consumo de bens e serviços produzidos nestes processos, que foram projetados, implantados e operados segundo uma lógica linear.

O próximo salto na evolução do Modelo Presente envolverá, portanto, a visão preventiva e o abandono da linearidade, seguido da adoção gradativa da circularidade no gerenciamento dos resíduos sólidos. Esta seria uma forma de atuar nos aspectos da problemática e não somente nos impactos deles decorrentes.

A adoção gradativa da circularidade no gerenciamento dos resíduos sólidos implica em analisar o processo que o estrutura e segundo o qual se desenvolvem as atividades e tarefas específicas do gerenciamento, a fim de identificar onde e como ele pode ser alterado para tornar-se um modelo adequado para o período de transição da Economia linear para a Circular. Na seção seguinte encontra-se esta análise.

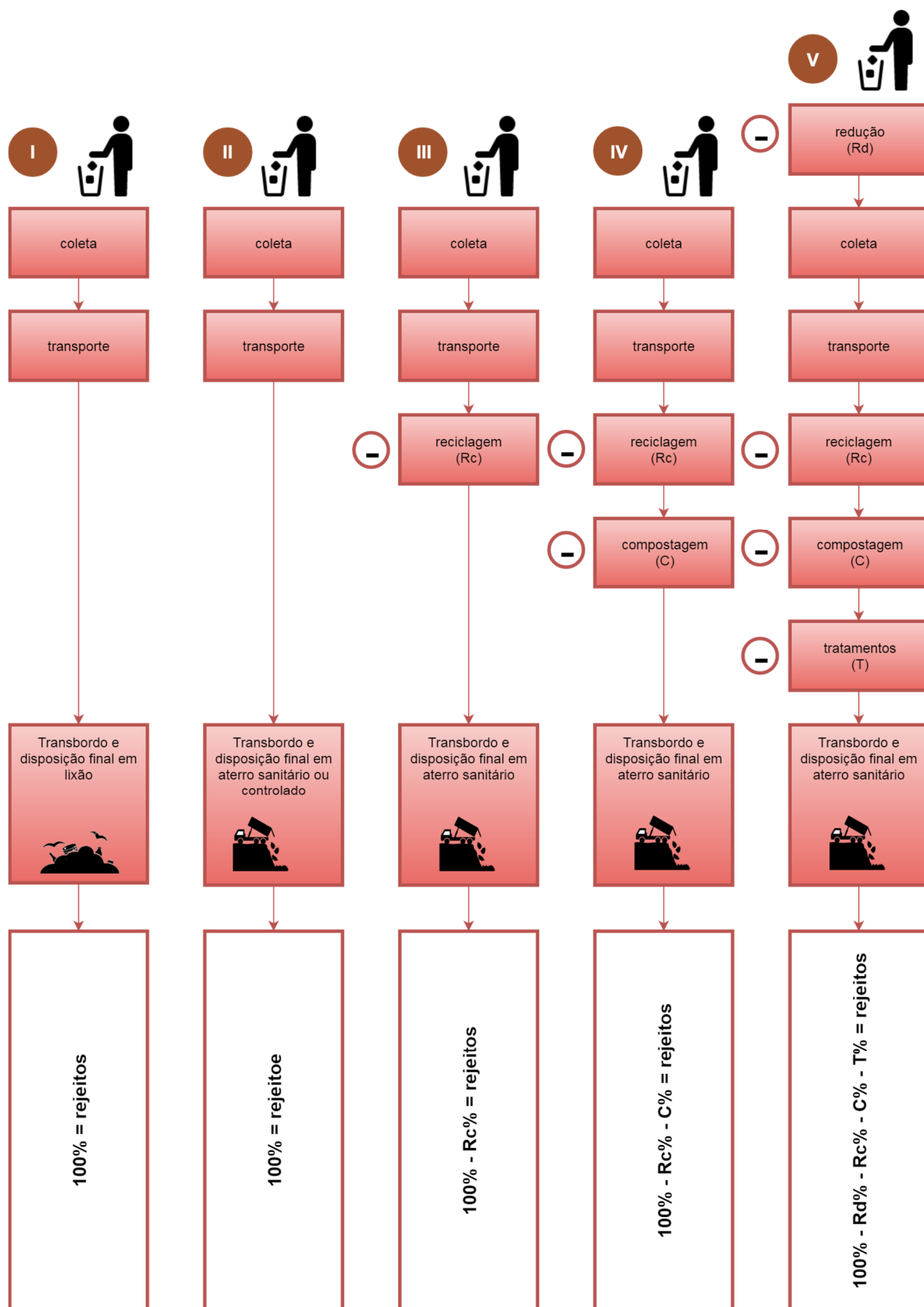
5.1.1 Gerenciamento de resíduos sólidos no Modelo Presente

O processo de gerenciamento é definido pelo sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos adotado em cada município. O desenho deste sistema, por sua vez, é influenciado pela mentalidade e visão predominante na administração pública municipal, que é diretamente encarregada do seu planejamento, concepção, implantação, gestão e operação. Esta mentalidade induz o tomador de decisão a escolher um modelo de referência condizente com o seu entendimento a respeito das melhores práticas no campo do Planejamento e da Gestão.

Assim, se na administração pública municipal predomina uma visão corretiva, o sistema de gestão determinará que as operações de gerenciamento sigam o padrão “coletar-acumular”. Entretanto, se a visão predominante for preventiva, podem ser feitas alterações no processo de gerenciamento e assim configurar um sistema de gestão proativo, baseado em outro padrão: “coletar-aproveitar”.

Encontra-se nos municípios brasileiros processos de gerenciamento de resíduos sólidos organizados segundo as etapas mencionadas na seção 3.3.2.1 (Figura 21), porém com variantes que podem ser agrupadas em cinco grupos, em função da existência ou não de atividades para valorização de resíduos, conforme a Figura 37.

Figura 37 – Processo de gerenciamento encontrado nos municípios brasileiros e suas variantes.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Conforme apontado pelo IBGE (2010b), nos municípios brasileiros predomina a disposição final dos resíduos sólidos em lixões, seguida de uma parcela dividida entre os aterros sanitários e os controlados. Embora haja variações nas etapas e atividades de um município para outro, o processo de gerenciamento segue uma linha comum e sempre termina em transbordo nas áreas de disposição final, regulares ou não. Por estas razões, para realizar a presente análise, considerou-se as variantes I e II como sendo o processo *AS IS*.

A observação e a análise crítica deste processo foram conduzidas pelas perguntas secundárias relativas ao enunciado Q4 (realçado logo abaixo na cor cinza), que foram apresentadas no capítulo 2, seção 2.2 (Quadro 3), referente à metodologia empregada neste trabalho. Segue a análise do processo *AS IS*.

Q4. Considerando e comparando: (I) o processo *AS IS*, que foi concebido, estruturado e implantado nos moldes da Economia Linear; e (II) a perspectiva apresentada pela Economia Circular, pergunta-se:

- a) É possível modificar etapas do processo *AS IS* para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser modificadas e como?**

Algumas etapas precisam ser modificadas no processo praticado atualmente para que ele passe a ser orientado por uma configuração circular. Estas modificações podem ser feitas no gerenciamento de resíduos sólidos nas fases pré e pós-consumo.

A geração de resíduos sólidos continuará ocorrendo enquanto existir o aspecto que lhe dá causa: o modelo linear e aberto que estrutura a economia mundial. Ela é inevitável considerando os atuais padrões de produção e consumo. O descarte também não deixará de existir, porém, em um modelo cuja configuração se aproxime da circularidade, ele será mais cuidadoso, de maneira a segregar os resíduos sólidos segundo as suas características físicas. Logo, haverá a necessidade de acondicioná-los, porém não mais para destiná-los à disposição final em aterros mas, sim, para preservar a qualidade dos materiais, componentes e produtos, previamente segregados durante o seu manuseio nas etapas subsequentes. Até aqui não há nenhuma novidade, pois nada mais é que colocar em prática a coleta seletiva.

A etapa seguinte, o transporte, precisará ser profundamente modificada e ganhará mais importância, pois terá que viabilizar a logística reversa, estratégia tecnicamente conhecida e legalmente reconhecida. Os veículos necessitarão de adequação. As rotas de transporte não mais conduzirão os resíduos sólidos às áreas de disposição final, porque a destinação final será o seu

transbordo em unidades de processamento, onde serão utilizados para produzir novos produtos para serem consumidos, ou na impossibilidade de empregá-los como matéria-prima secundária, se prestarão à geração de energia, fechando desta forma os ciclos.

Ressalta-se que o processamento de vários tipos de resíduos sólidos é possível através de tecnologias já conhecidas para o seu tratamento, que permitem desviá-los dos aterros e dar-lhes destino mais nobre (ver capítulo 3, seção 3.2). Desta maneira, somente os rejeitos que não podem ser aproveitados de forma alguma serão encaminhados para as áreas de disposição final.

b) É possível acrescentar etapas no processo AS IS para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser acrescentadas e como?

Não é necessário acrescentar etapas no processo de gerenciamento convencional, ou seja, aquele apontado pela PNRS. Porém, para planejar, implantar e gerir um determinado sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos e o seu respectivo processo de gerenciamento, é preciso que haja: (I) um quadro institucional positivo (componente política); (II) uma infraestrutura adequada (componente física); e (III) programas temáticos (componente programática).

A componente política determinará as demais componentes. A administração pública municipal precisa de um quadro de pessoal tecnicamente preparado e de recursos financeiros para enfrentar a questão dos resíduos sólidos. É necessário explorar as possibilidades de estabelecer parcerias com atores sociais que realizam ou desempenham atividades relativas aos resíduos sólidos. Para tanto, é imprescindível abrir caminho para o diálogo participativo a fim de promover avanços, harmonizar relações e equilibrar interesses. É preciso também verificar possibilidades e vantagens na cooperação com outros entes federados por meio do estabelecimento de consórcios públicos, baseando-se na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico e na Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e o Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007 que a regulamenta. Outro ponto importante é o uso de instrumentos de Gestão Ambiental (legais e econômicos). Os instrumentos legais são necessários para estabelecer regulação, ou seja, medidas de controle e fiscalização. Enquanto que os econômicos, além de garantir a sustentabilidade financeira do sistema, podem ser empregados para criar mecanismos de punição, ou de incentivo e recompensa. Ressalta-se que tudo isso tem que estar institucionalizado em planos, programas, ações e projetos no âmbito da administração pública municipal. Os planos estabelecem objetivos gerais, diretrizes e

prioridades a serem alcançados em períodos relativamente longos (curto, médio e longo prazo). Os programas, por sua vez, determinam objetivos específicos focados em determinado tema da gestão, conjunto institucional ou área geográfica. As ações visam o alcance de um determinado objetivo estabelecido por um programa. Os projetos têm a finalidade de concretizar uma ação e constituem-se da proposição de produção de algum bem ou serviço, com emprego de técnicas determinadas e com o objetivo de obter resultados definidos.

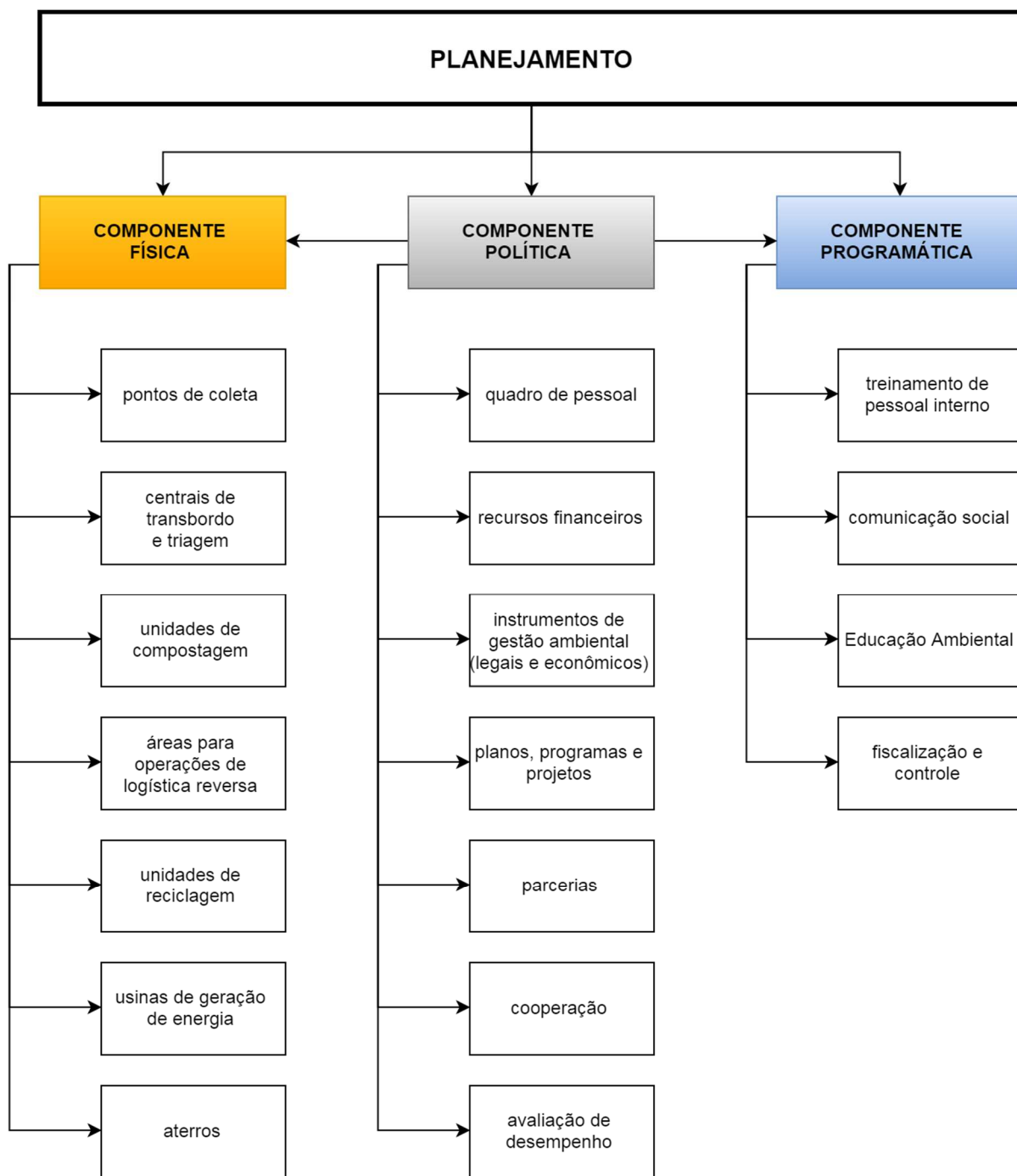
A componente física viabiliza o gerenciamento dos resíduos sólidos em um município através de uma rede de áreas projetadas e construídas para realizar o manejo, ou seja, a recepção, o transbordo, o tratamento, a destinação dos resíduos sólidos e a disposição final de rejeitos. Especial atenção precisa ser dada à infraestrutura requerida para a realização da coleta seletiva e da logística reversa, reconhecidas como os motores da circularidade em um sistema baseado nos pressupostos da Economia Circular.

Para atingir objetivos ambientais no que se refere aos resíduos sólidos a administração pública municipal precisa organizar a sua atuação de forma detalhada, por meio de ações articuladas em programas temáticos. Assim sendo, devem ser concebidas as seguintes ações: (I) treinamento de pessoal interno e de operadores do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos; (II) comunicação social; (III) Educação Ambiental formal e informal; e (IV) desenvolvimento de atividades de fiscalização e controle.

Alguns municípios precisam estabelecer diretrizes bem detalhadas para o gerenciamento de resíduos sólidos gerados em situações específicas, relacionadas às atividades desenvolvidas em seu território, tanto no setor público quanto no privado. Este é o caso, por exemplo, das cidades turísticas, daquelas que abrigam unidades complexas de atendimento à saúde humana, portos e aeroportos, dentre outras que desencadeiam um aumento da periculosidade ou do volume de resíduos sólidos produzidos no município. O conjunto dos programas refere-se à componente programática do planejamento.

A Figura 38 apresenta esquematicamente as componentes do planejamento de um sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos, bem como exemplos de elementos derivados de cada uma delas.

Figura 38 – Componentes do planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos.

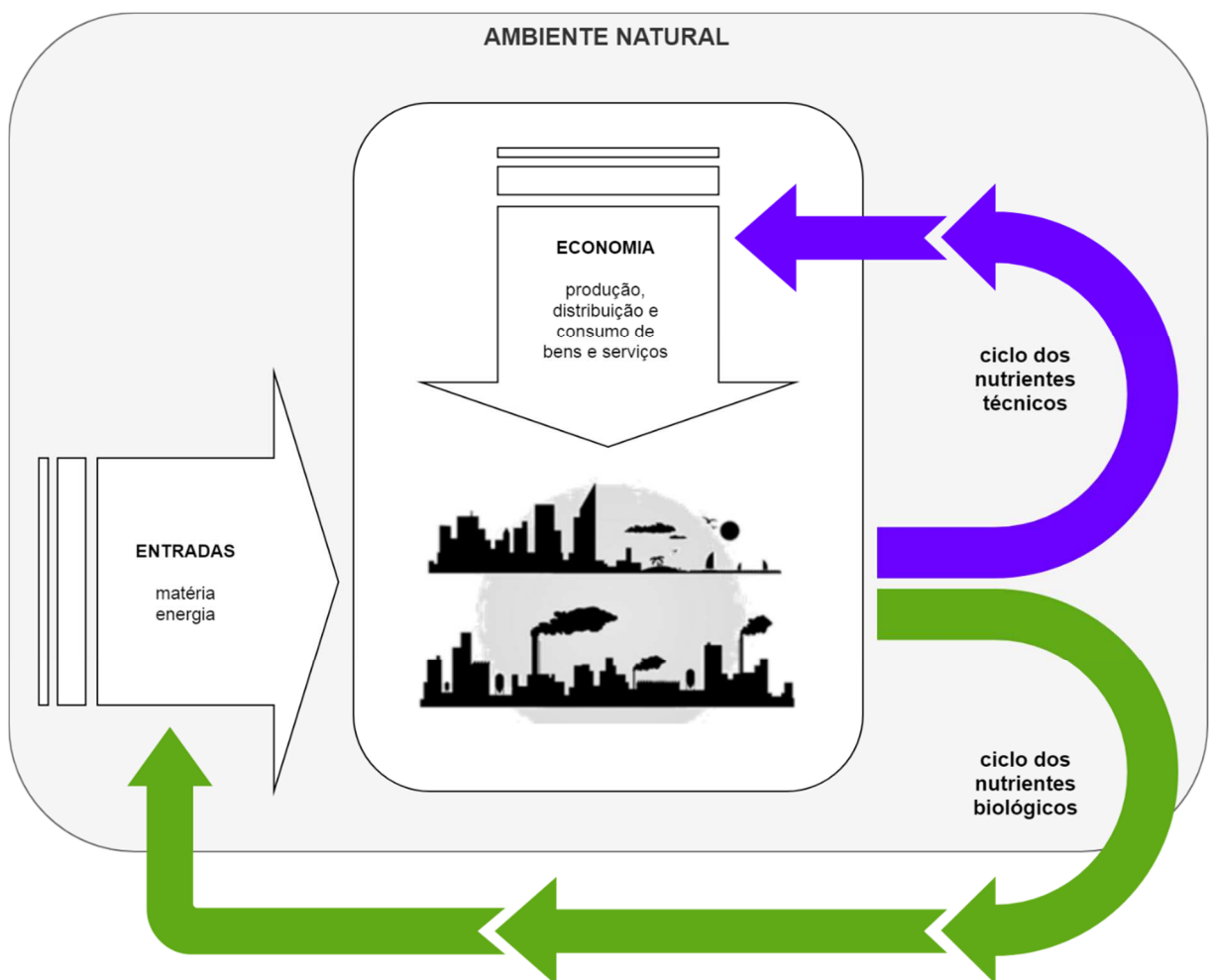


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

- c) **É possível eliminar etapas do processo AS IS para se atingir a Economia Circular?
Se sim, quais etapas podem ser eliminadas e como?**

No cenário Cidade Transição, onde predomina a Economia Linear, não é possível eliminar etapas do processo de gerenciamento de resíduos sólidos. Isto só seria possível se a economia mundial, bem como os seus sistemas urbano-industriais, fosse estruturada e organizada segundo um modelo circular e fechado, onde os restos de um determinado processo fossem o alimento e a matéria-prima de outros processos, eliminando, desta maneira, as externalidades ambientais. Isto só seria possível no cenário Cidade Circular (Figura 39).

Figura 39 – Sistemas urbano-industriais segundo um modelo circular e fechado.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

d) É possível promover a completa eliminação dos resíduos sólidos e, desta maneira, dispensar e erradicar as áreas de disposição final? Caso sim, como?

Na medida em que ocorre a transição da Economia Linear para a Circular a necessidade de áreas para a disposição final de resíduos sólidos diminui.

Assim sendo, se o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos e o seu processo de gerenciamento estiverem inseridos em um ciclo de melhoria contínua, será tecnicamente possível erradicar áreas de disposição final, sejam elas regulares (aterros sanitários) ou irregulares (lixões), através da mineração de aterros e da geração de energia em processos termoquímicos.

Estas áreas dificilmente retornarão à sua condição ambiental original, ao que se denomina restauração³². Porém, através de técnicas de recuperação ambiental³³ elas podem ser remediadas e reabilitadas, prestando-se a outro uso e ocupação (SÁNCHEZ, 2008, p. 40-42).

Além do que a ciência e a tecnologia estão em constante evolução. Logo, as formas conhecidas de tratamento de resíduos sólidos tendem a evoluir e outras novas surgirão, fazendo com que as áreas de disposição final sejam cada vez mais desnecessárias.

e) É necessário estabelecer etapas transitórias? Se sim, quais?

O cenário Cidade Transição é em si uma etapa transitória. Assim sendo, no que se refere ao processo de gerenciamento de resíduos sólidos, todas as etapas compreendidas entre o acondicionamento e a disposição final devem ser concebidas, planejadas, implantadas e operadas segundo a ideia de melhoria contínua, porque estarão sujeitas a adotar novas tecnologias e a adaptar ou alterar atividades e tarefas para adequar-se à evolução do sistema como um todo. Quanto mais a economia se aproximar da configuração circular, maior capacidade de adaptação será requerida nos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos e, conseqüentemente, nos processos de gerenciamento.

³² A lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, em seu CAPÍTULO I, artigo 2º, define no inciso XIII o termo “recuperação” como sendo a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”; no inciso XIV define “restauração” como a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”.

³³ É a aplicação de técnicas de manejo visando tornar um ambiente degradado apto para um novo uso produtivo, desde que sustentável (SÁNCHEZ, 2008, p. 41).

f) Quais etapas do pensamento atual precisariam ser vencidas para promover a evolução dos atuais sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos?

Se a ideia é promover a evolução dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, é imprescindível focar na estratégias de valorização e abandonar gradativamente a prática da disposição final.

Isto significa que todos os aspectos do planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, a saber: instrumentos legais, mecanismos de sustentabilidade e arranjos institucionais, precisam incentivar a valorização dos resíduos sólidos.

Na realidade, é preciso abandonar de vez o Modelo Presente e adotar o Modelo de Transição como referência para o planejamento e a concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos. Este é o modelo de referência possível no cenário Cidade Transição.

Entretanto, se o horizonte for alargado e a intensão for conceber e planejar um sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no cenário Cidade Circular, o grande desafio será superar o paradigma da Economia Linear e favorecer a implantação da Economia Circular, sem o que nenhum sistema será totalmente circular.

g) Como atingir a Economia Circular na prática, em nível local?

O primeiro passo é atuar no âmbito do planejamento municipal criando ou atualizando o PMGIRS, em conformidade com elementos já existentes e reconhecidos, como por exemplo: a contribuição dada por Lansink (2018) e a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (BRASIL, 2010a). Junte-se ainda, os novos elementos trazidos pela teoria da Economia Circular, especificamente, os princípios e as fontes de criação de valor.

Plano elaborado e aprovado, com objetivos, metas e estratégias bem definidos, o próximo passo é implantar as ações planejadas. Todos os estudos acessados durante a revisão bibliográfica, que foram desenvolvidos para a implantação da Economia Circular em municípios, apresentaram projetos na escala do bairro. A ideia é conceber e implantar uma célula inicial nos moldes de um laboratório vivo, observar e aprender neste local, com a finalidade de replicá-la, de modo a atingir todo o tecido urbano.

Os estudos mais importantes foram citados no capítulo 4, seção 4.4. No entanto, destaque-se o projeto para o distrito de Buiksloterham, em Amsterdam, na Holanda, outrora uma área industrial poluída, onde esforços estão sendo empreendidos para convertê-la em um lugar sustentável, para viver e trabalhar. Para tanto, em 2009, foi estabelecido um plano de

zoneamento. Em 2010 se iniciaram as primeiras obras. A conclusão do projeto “Buiksloterham Circular” deve ocorrer por volta de 2030 (GEMEENTE AMSTERDAM, 2018) (LEER, 2016).

A partir dos casos estudados, percebeu-se que há um caminho a percorrer, partindo sempre daquilo que já existe e tomando o devido cuidado para não desmontar os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos existentes. As recomendações são sempre no sentido de promover adaptações flexíveis nos sistemas, de maneira que seja possível evoluir.

É fato que a gestão atualmente está focada no gerenciamento dos resíduos sólidos e que esta situação não pode ser mudada repentinamente, sob pena de se colapsar os sistemas existentes, instalando um caos sanitário. No entanto, a análise acima evidenciou que é possível adaptar o processo de gerenciamento de resíduos sólidos aos pressupostos da Economia Circular, de modo que passem a ter uma configuração circular ou muito próxima disto.

Conforme demonstrado, o Modelo Presente, que tem sido a referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, adotado pela grande maioria dos municípios brasileiros, é apenas um reflexo de um modelo linear segundo o qual se estrutura a economia mundial.

E se a economia mundial fosse estruturada por um modelo circular ou por algo que, pelo menos, dele se aproximasse? Como seria o modelo de referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos?

Ainda, prevalecendo a Economia Linear, seria possível estabelecer um modelo circular, ou pelo menos algo próximo a ele, para servir como uma nova referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos?

A reflexão em torno destas questões, pautada pela análise do Modelo Presente, resultou na construção do Modelo de Transição que pode ser esta nova referência no planejamento e na concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos para os municípios brasileiros, em um período de transição da Economia Linear para a Circular, ou seja, no cenário da Cidade Transição.

A próxima seção apresenta o artefato projetado, denominado Modelo de Transição, objeto central deste capítulo.

5.2 O Modelo de Transição

Em Arquitetura e Urbanismo o “partido geral” é um estudo detalhado feito a priori, antes mesmo de se começar um projeto, onde um princípio direciona o processo das decisões particulares. É uma consequência formal de uma série de condicionantes, que vai orientar as diretrizes estabelecidas no projeto (LEMOS, 1982).

Relembrar este ensinamento indicou a necessidade de se estabelecer um partido geral para a projeção do artefato. Desta maneira, antes de apresentar o Modelo de Transição, cabe uma explicação sobre o raciocínio que orientou a sua concepção.

Após estudar os pressupostos da Economia Circular e analisar criticamente o Modelo Presente, segundo o qual são concebidos e planejados os sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos adotados nos municípios brasileiros, bem como os seus respectivos processos de gerenciamento, saltou aos olhos a primeira percepção: não se distingue os ciclos e os fluxos dos materiais!

Entende-se um ciclo como um conjunto de fatos e ações que se sucedem no tempo e evoluem, marcando uma diferença entre o estágio inicial e o estágio conclusivo.

O fluxo, por sua vez, é o movimento, o caminho e a sucessão de acontecimentos destes mesmos fatos e ações.

Logo, ciclos possuem fluxos que, por sua vez, constituem processos. Portanto, para modificar um ciclo é preciso seguir o seu fluxo e interferir no seu processo.

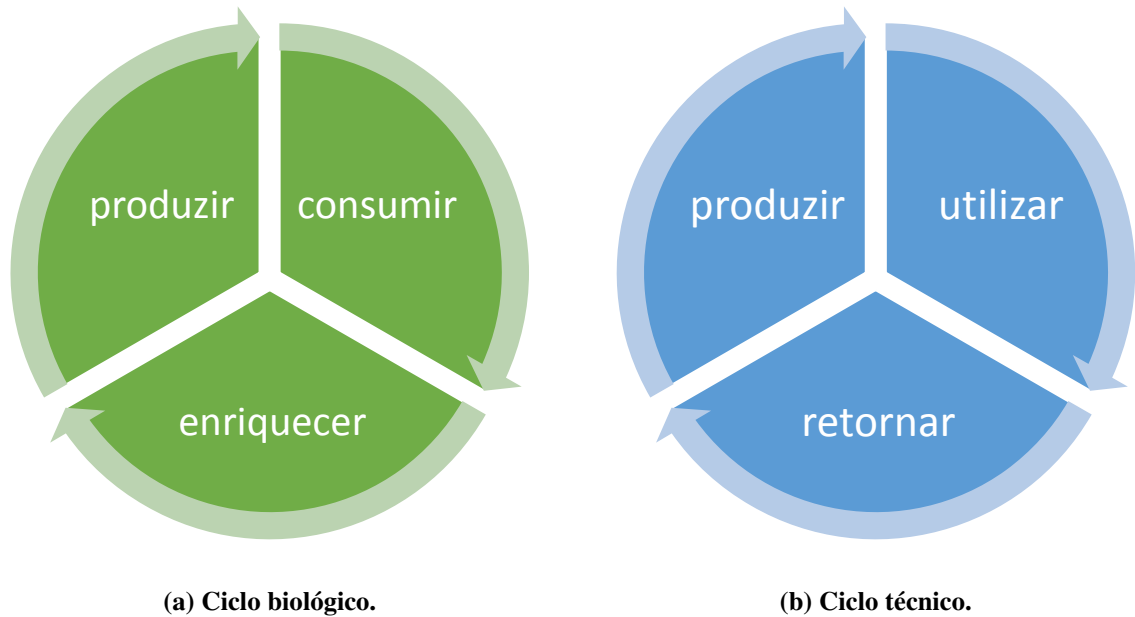
No planejamento dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos pouco se observa a lógica dos ciclos e fluxos dos materiais. Consequentemente, também não se realiza esta distinção dos ciclos e fluxos dos materiais na gestão dos sistemas e, menos ainda, na sua operação.

Há uma preocupação com os efeitos ambientais³⁴ das deposições de resíduos sólidos e rejeitos, no tocante à sua natureza física, química e biológica, porém, não com os ciclos dos materiais.

³⁴ De acordo com Sánchez (2008, p. 34-38), Processos Ambientais são fluxos de energia e matéria, teias de relações intra e interespecíficas que ocorrem em qualquer ecossistema natural, alterado ou degradado. As ações humanas afetam os processos naturais: tornando-os mais intensos; retardando-os; induzindo-os ou deflagrando-os; e alterando-os de forma complexa. O Efeito Ambiental é a alteração de um processo natural ou social decorrente de uma ação humana.

Assim sendo, a intervenção no Modelo Presente se inicia por diferenciar os ciclos dos materiais. Com base em Braungart e McDonough (2014), representantes de uma das escolas de pensamento da Economia Circular, apresentada na seção 4.2, foi estabelecido um partido geral composto por dois ciclos distintos: “nutrientes biológicos” e “nutrientes técnicos”. A Figura 40 ilustra o raciocínio empregado na concepção inicial do Modelo de Transição.

Figura 40 – Diagramas dos ciclos dos materiais na Economia Circular.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Braungart e McDonough (2014).

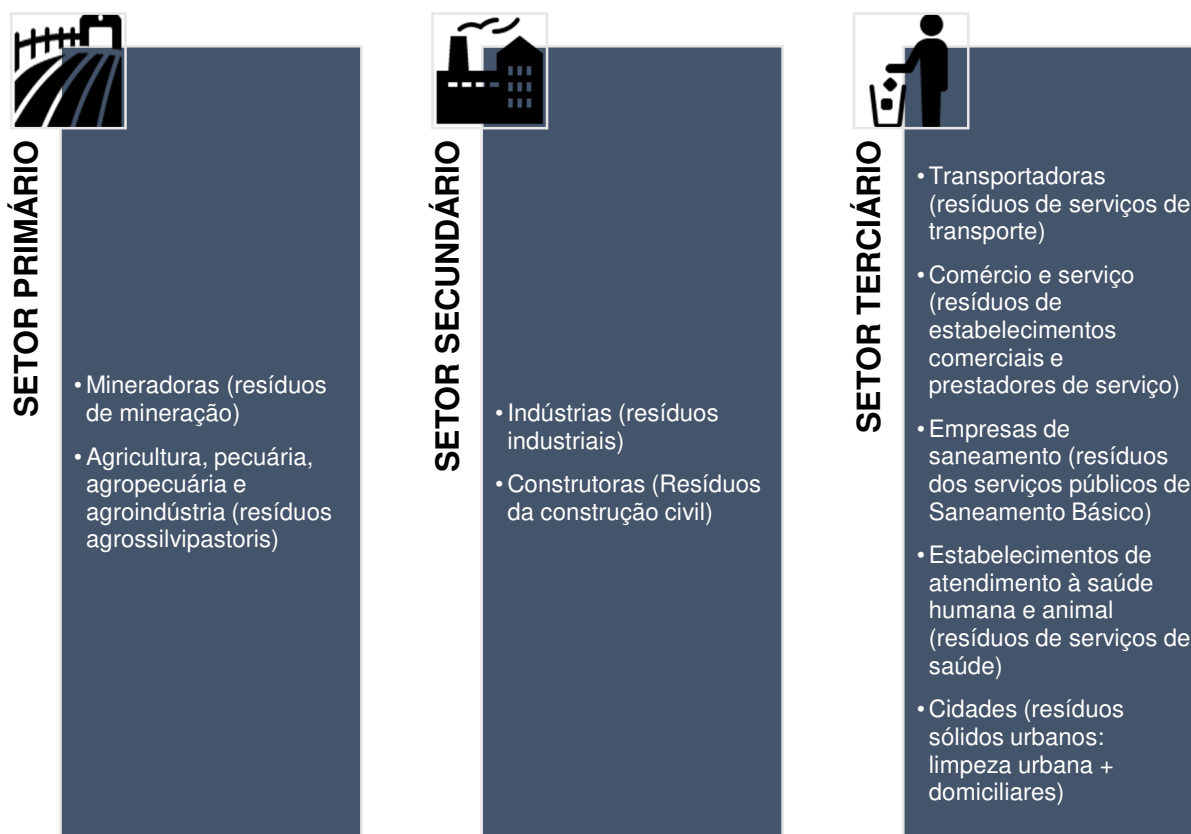
Diferenciados os ciclos, o próximo passo foi identificar os atores e as fontes geradoras de resíduos sólidos, a fim de localizar o ponto onde se inicia o fluxo dos RSU.

Para tanto, observou-se a classificação dos resíduos sólidos quanto à origem, estabelecida pela PNRS, em seu capítulo I, artigo 13, inciso I (BRASIL, 2010a).

Esta classificação apontou os atores e as fontes geradoras de resíduos sólidos, que foram agrupados de maneira simplificada, segundo os três setores da Economia: primário, secundário e terciário (Figura 41).

Feito isto, os atores e as fontes geradoras de resíduos sólidos foram localizados segundo as fases do ciclo de produção e consumo, a saber: pré-consumo, consumo e pós-consumo.

Figura 41 – Atores e fontes geradoras de resíduos sólidos agrupados por setores da economia.

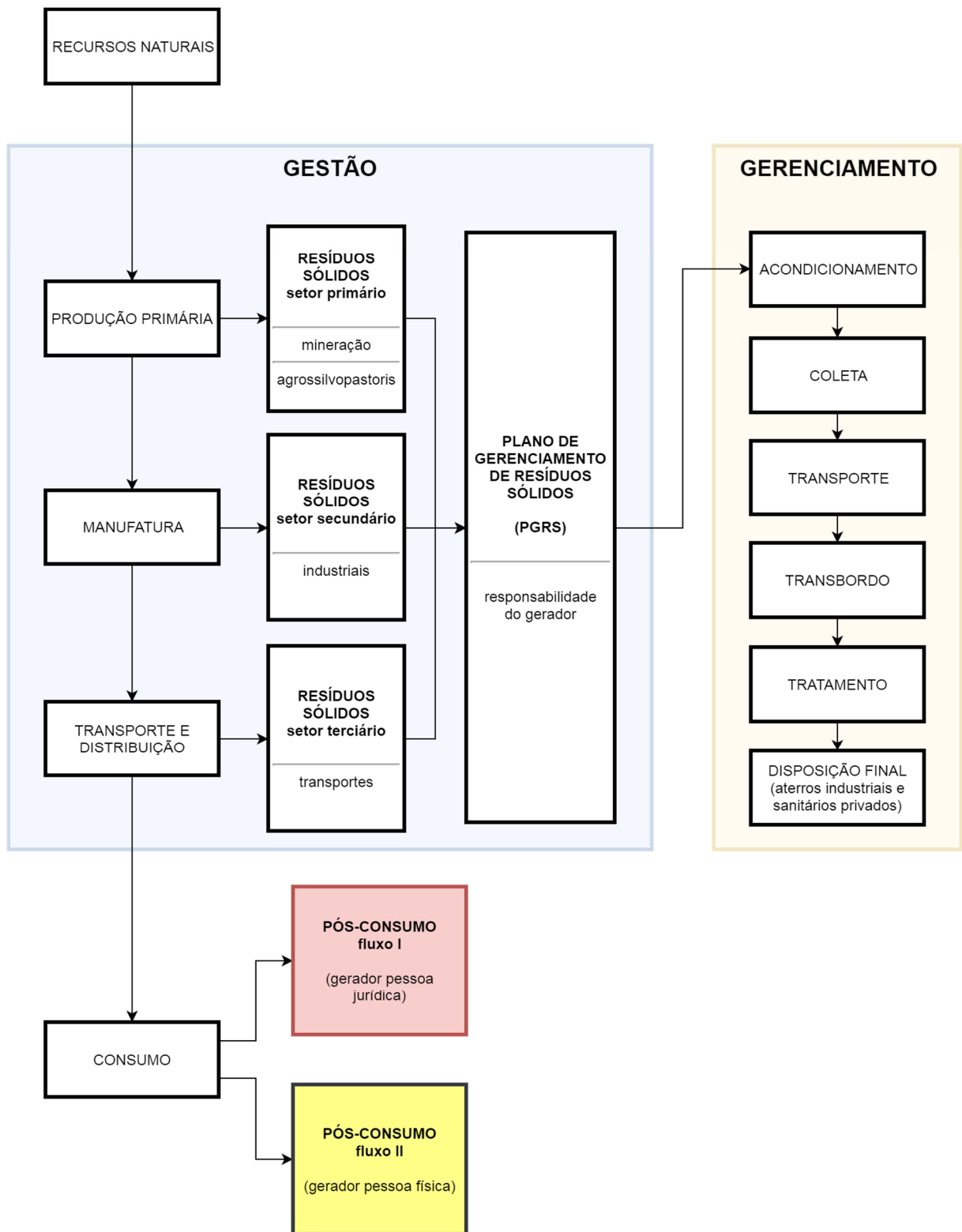


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O passo seguinte foi verificar os aspectos legais relativos à concepção e ao planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos, em conformidade com a PNRS. Assim, foram apontados os atores atuantes em cada fase do ciclo de produção e consumo e, para cada um deles, os referidos requisitos legais.

Na fase pré-consumo os resíduos e rejeitos originam-se majoritariamente nas atividades de pessoas jurídicas encontradas nos três setores da Economia: mineração, agricultura, pecuária, agropecuária, agroindústria, indústrias e transportadoras. O resíduos sólidos produzidos nesta fase são de responsabilidade do gerador, que é obrigado a elaborar, implantar e operar o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) (Figura 42). Portanto, cabe aos municípios o papel de estabelecer marcos regulatórios locais e fiscalizar o cumprimento desta obrigação legal.

Figura 42 – Planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (fase pré-consumo).

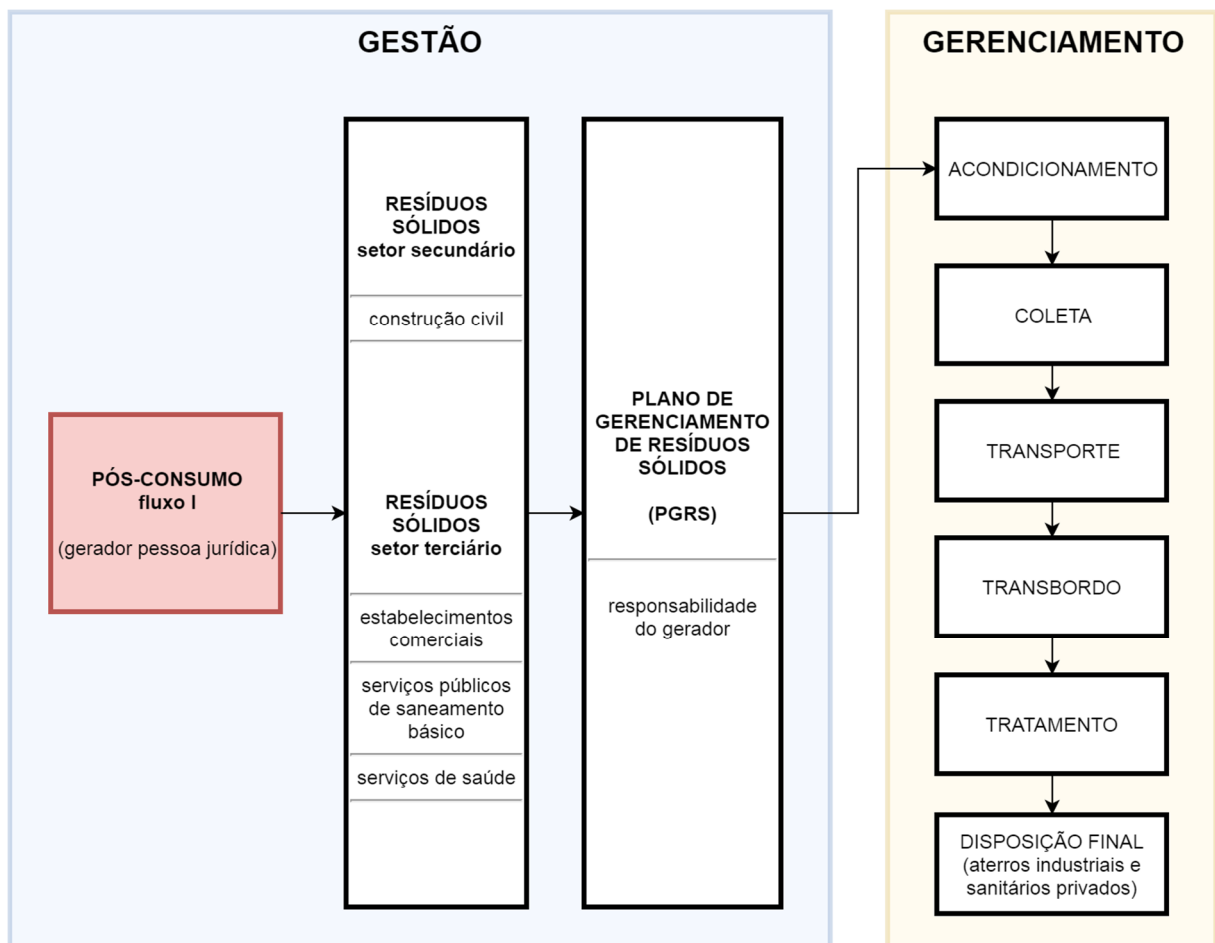


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Após a fase de consumo há claramente dois fluxos de resíduos e rejeitos, que surgem em função de dois grandes grupos de consumidores, conforme demonstrado na Figura 42.

O primeiro grupo de consumidores é constituído de pessoas jurídicas atuantes na venda e distribuição de bens de consumo e prestação de serviços ao consumidor final. Na fase pós-consumo, este grupo, também por determinação da PNRS, é responsável pelos resíduos e rejeitos gerados e também é obrigado a elaborar, implantar e operar o PGRS (Figura 43). Neste caso, também é tarefa dos municípios estabelecer marcos regulatórios locais e fiscalizar o cumprimento da obrigação legal.

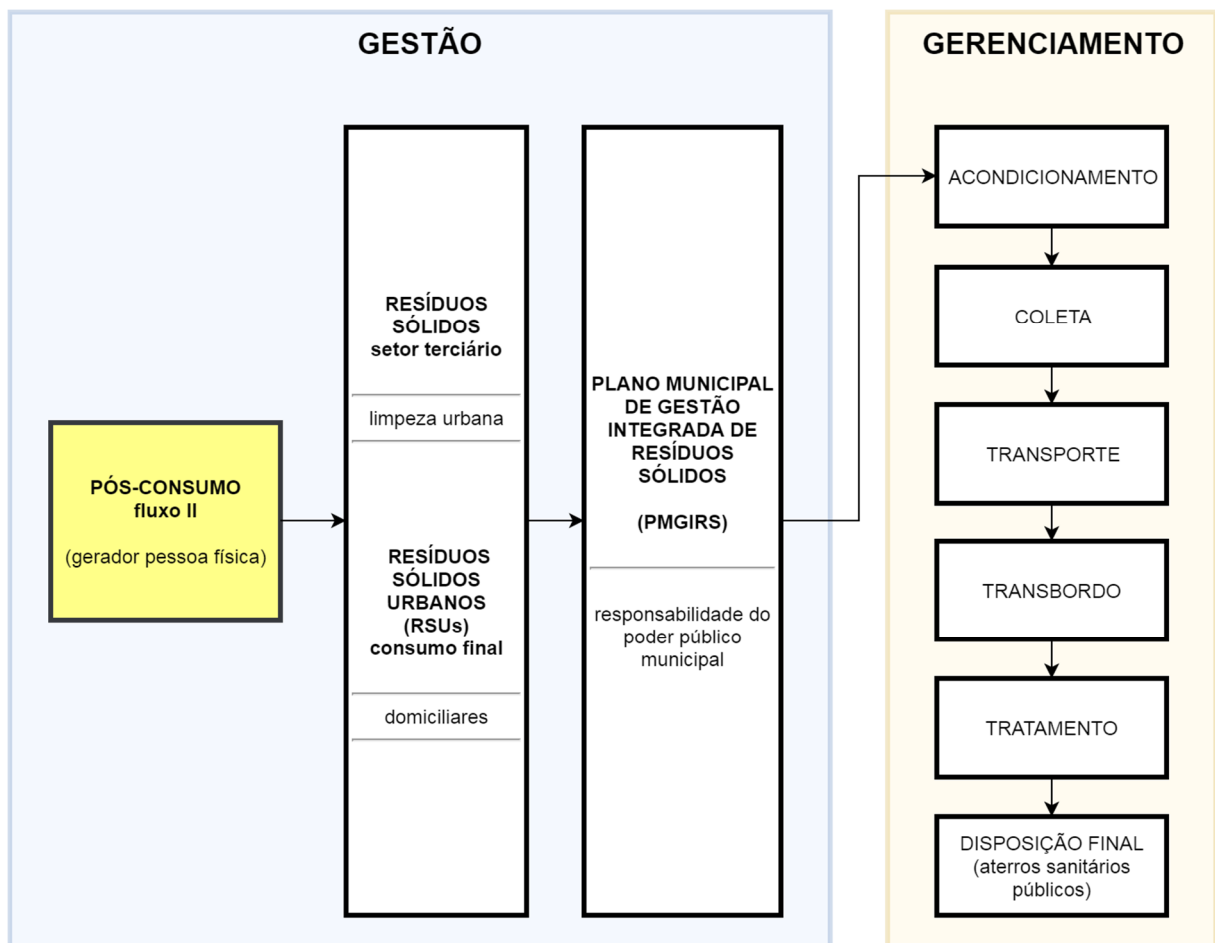
Figura 43 – Planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (fase pós-consumo - fluxo I).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O segundo grupo de consumidores é formado pelas pessoas físicas, ou seja, os munícipes. Nas suas residências são produzidos os resíduos sólidos domiciliares. Também é ele o contribuinte de impostos demandando serviços de limpeza urbana. Neste grupo estão também as pessoas jurídicas equiparadas às pessoas físicas, denominadas “pequenos geradores”. O fluxo dos RSU se inicia neste grupo, na fase pós-consumo. Embora a PNRS esteja embasada, dentre outros, no princípio da responsabilidade compartilhada, a lei determina que cabe ao município realizar a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos e rejeitos originados neste grupo. Para tanto, deve ser elaborado, implantado e operado o PMGIRS (Figura 44).

Figura 44 – Planejamento de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos (fase pós-consumo - fluxo II).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Ao estabelecer as relações apresentadas nas figuras, ficou claro onde começa e onde termina a participação e a responsabilidade de cada ator.

O ponto de geração dos RSU no ciclo de produção e consumo foi visualizado. Basicamente, há dois atores envolvidos: o consumidor final, enquanto gerador; e a administração pública municipal, enquanto gestora do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos.

O planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos, no qual está inserido o RSU, foi delineado em conformidade com a PNRS.

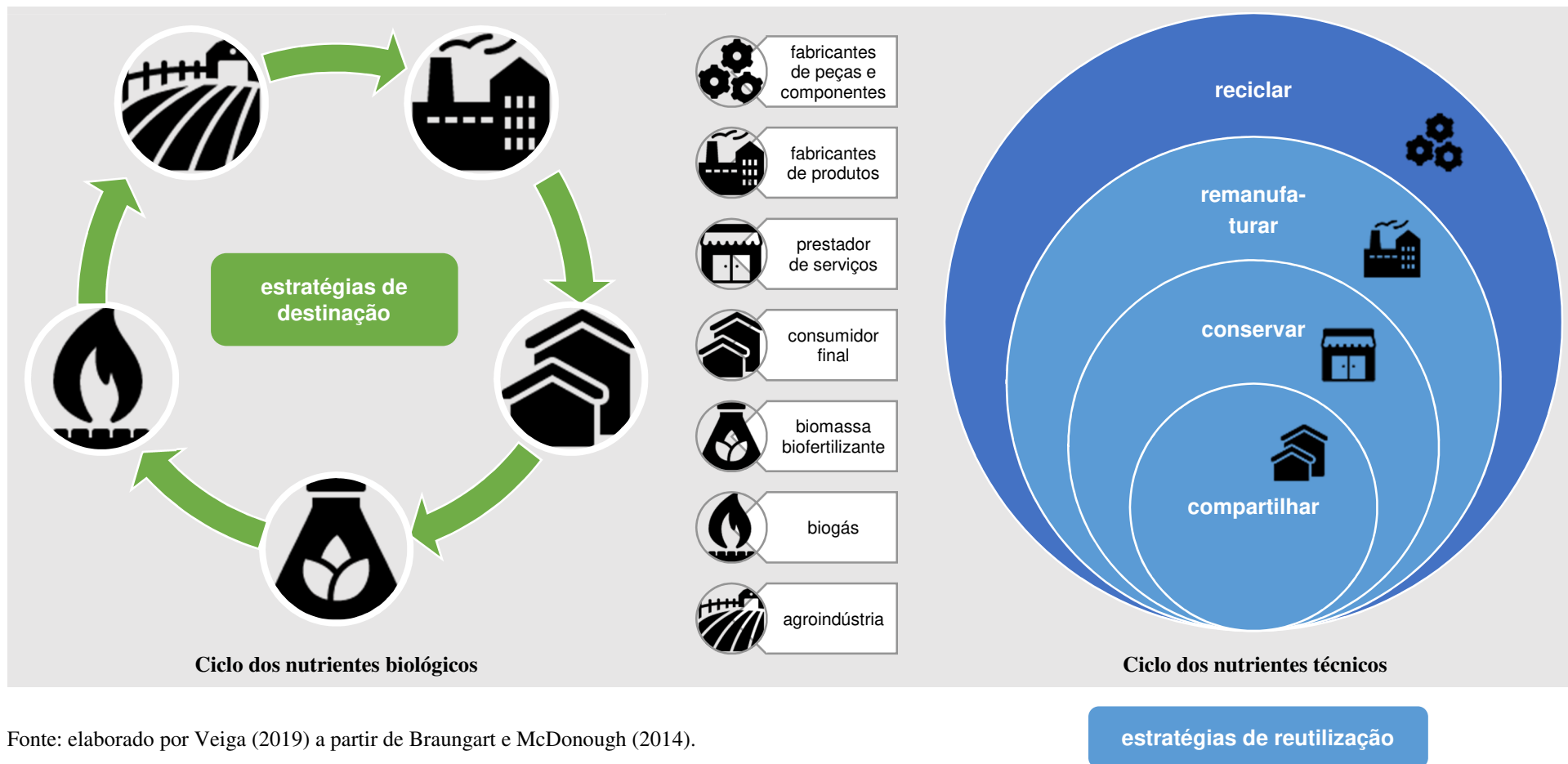
Assim sendo, o próximo passo foi inserir no partido geral os pressupostos da Economia Circular.

Ao refletir sobre a contribuição dada por Lansink (2018), sobre a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (BRASIL, 2010a) e sobre as fontes de criação de valor da Economia Circular, percebeu-se que todos estes elementos eram importantes, apontavam para a mesma direção e se complementavam.

Logo, era preciso e possível acrescentar todos eles ao partido geral a partir de uma combinação e, desta forma, estabelecer uma ordem de prioridades para o Modelo de Transição. Em um processo de gerenciamento de resíduos sólidos a ordem de prioridades adotada na sua concepção determinará o fluxo das atividades que o compõem.

Desta maneira, o raciocínio geral apresentado na Figura 40 evoluiu para algo mais elaborado, bem próximo do diagrama sistêmico da Economia Circular, e foi determinante na concepção do Modelo de Transição (Figura 45).

Figura 45 – Diagrama orientador da concepção do Modelo de Transição.

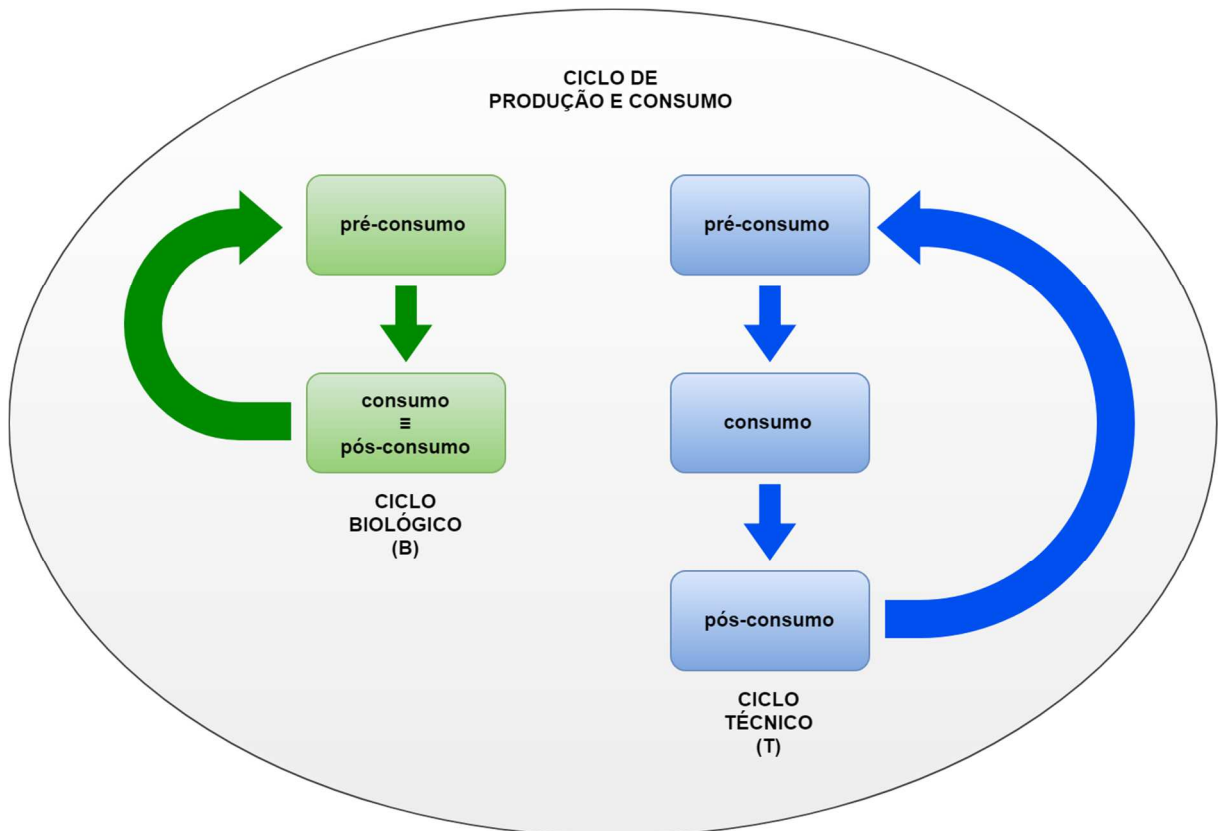


Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Braungart e McDonough (2014).

Voltando à lógica dos ciclos e fluxos dos materiais, porém agora correlacionada às fases do ciclo de produção e consumo, aos atores em cada uma destas fases e, sobretudo, à ordem de prioridades estabelecida acima, observou-se que no ciclo dos nutrientes biológicos a fase de consumo é coincidente com a de pós-consumo (Figura 46).

Todavia, no ciclo dos nutrientes técnicos, devido à possibilidade de aproveitá-los em diferentes níveis, a fase de consumo é diferente da fase pós-consumo. Na primeira, os materiais são produtos em uso circulando no sistema, podendo ser reutilizados por seus proprietários ou por terceiros. Na segunda, são produtos em fim de vida útil que, se descartados seletivamente, serão resíduos passíveis de serem aproveitados como material secundário; ou, caso contrário, rejeitos (Figura 46).

Figura 46 – Os ciclos biológico e técnico e as fases do ciclo de produção e consumo na Economia Circular.



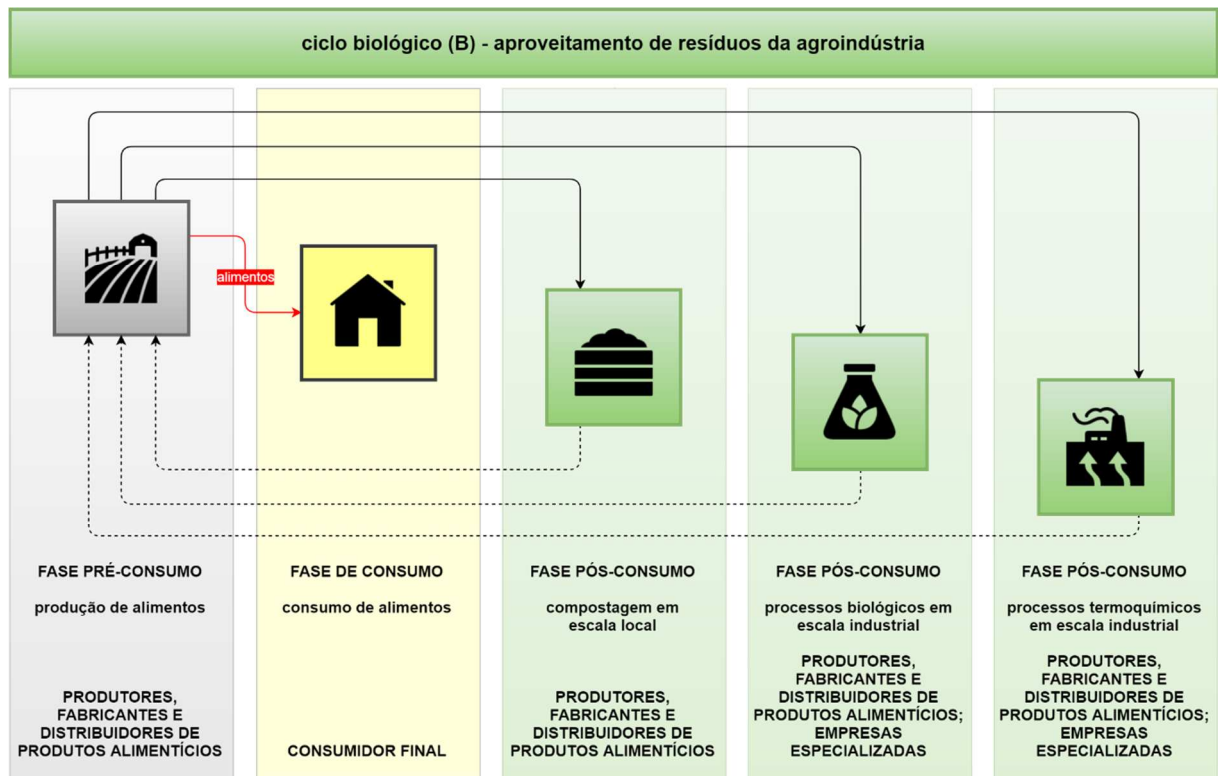
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Para cada ciclo de nutrientes haverá vários fluxos de produtos, resíduos e rejeitos a serem mapeados, dependendo das relações estabelecidas entre as fontes geradoras e as fases do ciclo de produção e consumo. Cada fluxo, por sua vez, constituirá um processo próprio.

Para exemplificar esta afirmação, as figuras 47 a 51 apresentam esquematicamente o fluxo de dois tipos de resíduos sólidos dentro do ciclo dos nutrientes biológicos.

A Figura 47 mostra fluxos de resíduos sólidos da agroindústria encaminhados para o aproveitamento em diferentes níveis e processos, sendo que o fluxo de retorno da energia obtida é direcionado para a própria fonte geradora, onde será consumida em novos processos produtivos.

Figura 47 – Ciclo biológico: fluxos de resíduos sólidos da agroindústria.

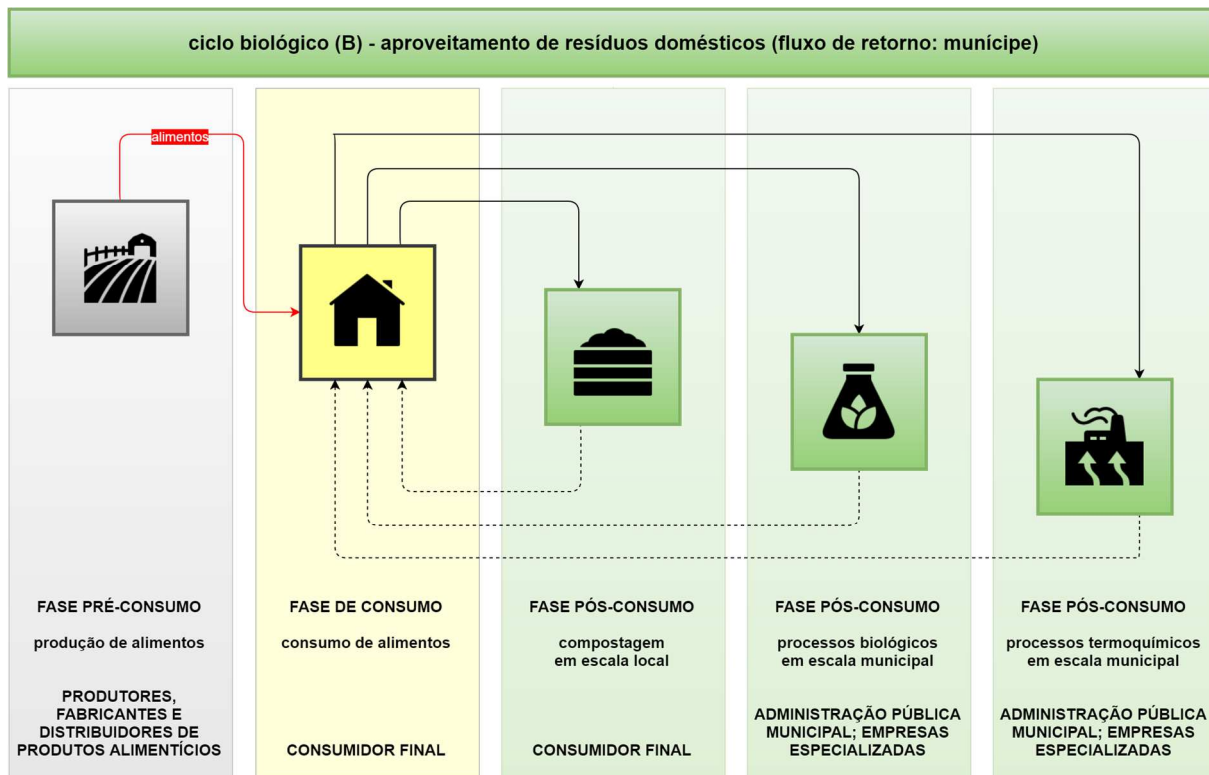


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

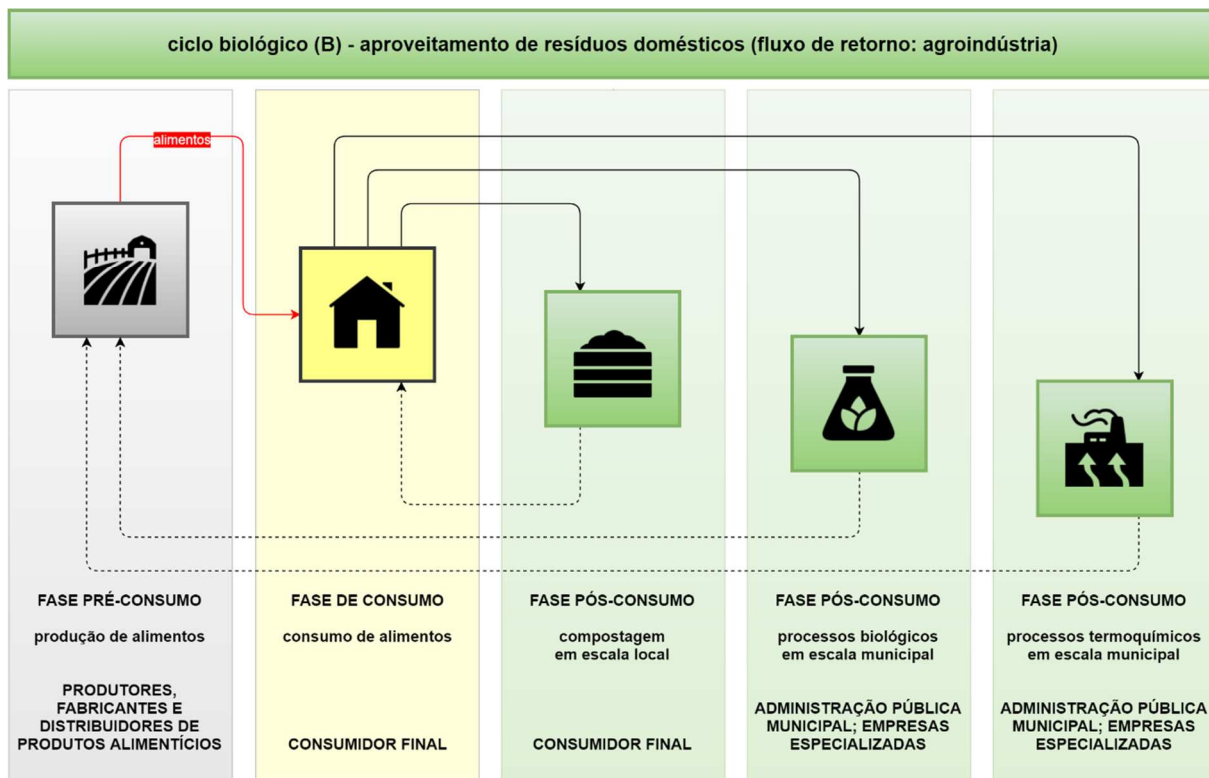
Para os resíduos sólidos domiciliares orgânicos, dependendo de quem será o consumidor da energia gerada nos processos de aproveitamento, haverá dois fluxos (Figura 48).

No fluxo I (Figura 48a) toda a energia foi direcionada para o município. No fluxo II (Figura 48b), a energia produzida no processo de compostagem local retornou ao município. Entretanto, a energia produzida nos processos biológicos e termoquímicos em escala industrial foi direcionada para os atores localizados na fase pré-consumo. Ou seja, também podem ocorrer diferentes combinações entre o gerador e o destinatário do fluxo de retorno da energia gerada nos processos de aproveitamento.

Figura 48 – Ciclo biológico: fluxos de resíduos sólidos domiciliares



(a) fluxo I.



(b) fluxo II.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

No ciclo dos nutrientes técnicos observou-se os fluxos nas relações que se estabelecem entre os atores em cada fase do ciclo de produção e consumo e as fontes de criação de valor da Economia Circular. Diversos fluxos podem ser gerados a partir das relações de consumo estabelecidas.

Neste ciclo, quanto mais se prolonga a vida útil dos produtos, mais tempo durará a fase de consumo. A estratégia é promover a reutilização, que pode ocorrer através do compartilhamento, da manutenção e da remanufatura.

O compartilhamento está relacionado à fonte de criação de valor F1 (poder do círculo interno). Neste tipo de relação de consumo os produtos circulam entre diversos usuários, por período de tempo indefinido, porém longo, até que não apresente mais condições de uso e se torna um resíduo.

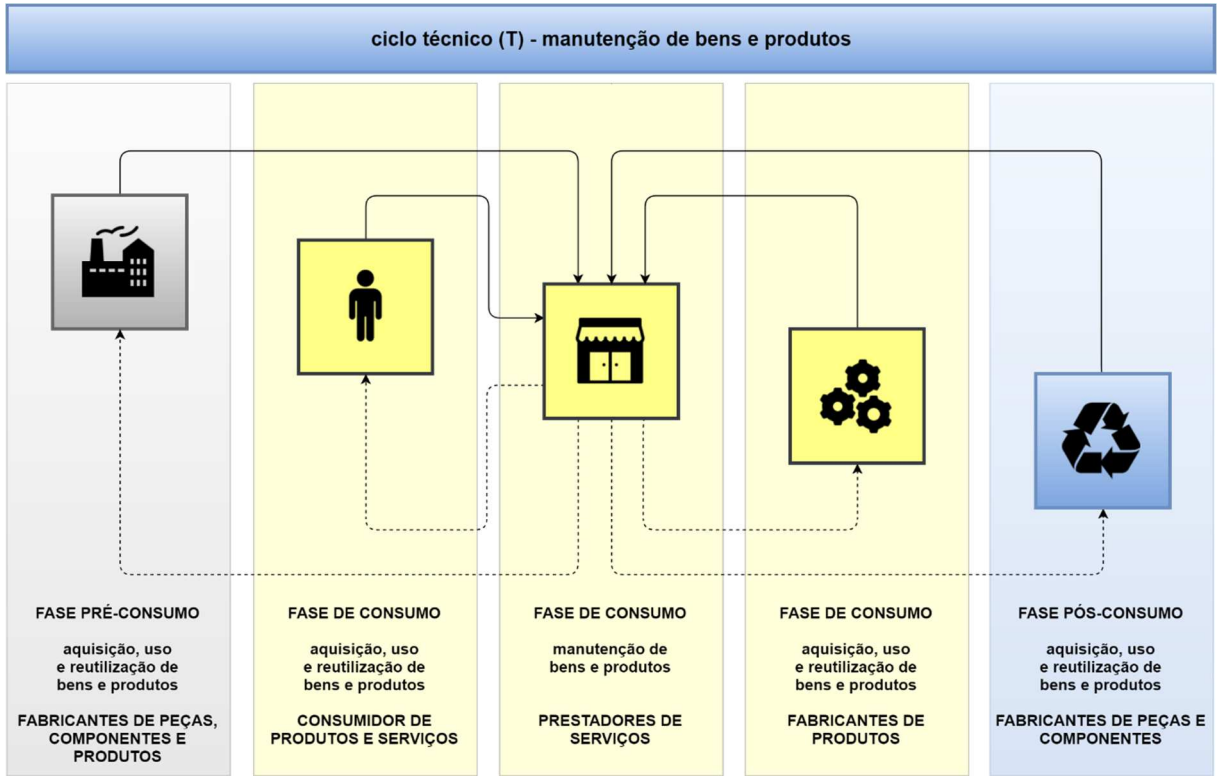
Através da manutenção, todos os consumidores e usuários, em diferentes fases do ciclo de produção e consumo, podem conservar e utilizar por mais tempo os produtos. A fonte de criação de valor na manutenção também é F1 (poder do círculo interno) (Figura 49a).

O mesmo ocorrerá por meio da remanufatura, porém a fonte de criação de valor será F2 (poder dos círculos duradouros), porque a prestação deste serviço depende dos fabricantes, o que muda o nível da estratégia de reutilização (Figura 49b).

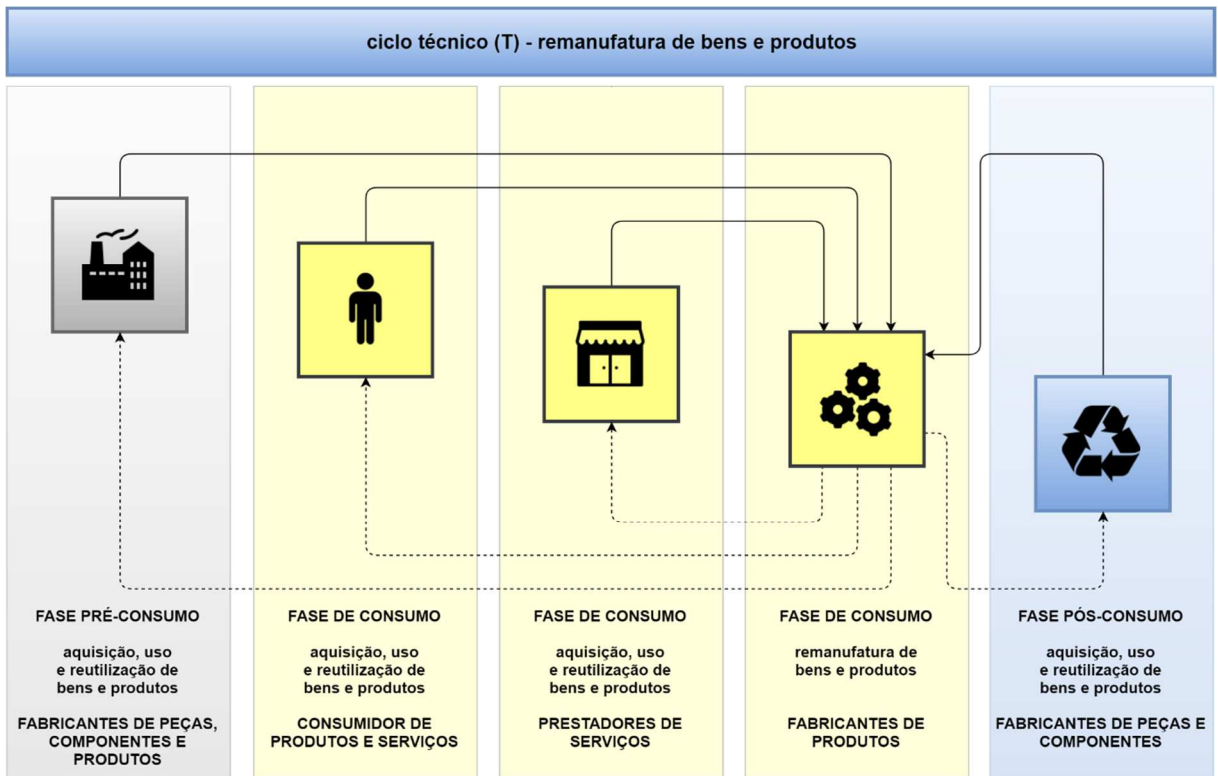
Esgotadas as possibilidades de reutilização, o próximo passo é a reciclagem, onde também haverá relações e fluxos entre aqueles que descartam os resíduos sólidos e quem realiza o processo (Figura 50).

Para os resíduos sólidos que não podem mais ser reciclados porque não apresentam mais as condições para tanto, assim como para os rejeitos, resta o encaminhamento para processos de recuperação de energia, cujas relações e fluxos foram esquematizados na Figura 51.

Figura 49 – Ciclo técnico: fluxos de produtos para a reutilização.



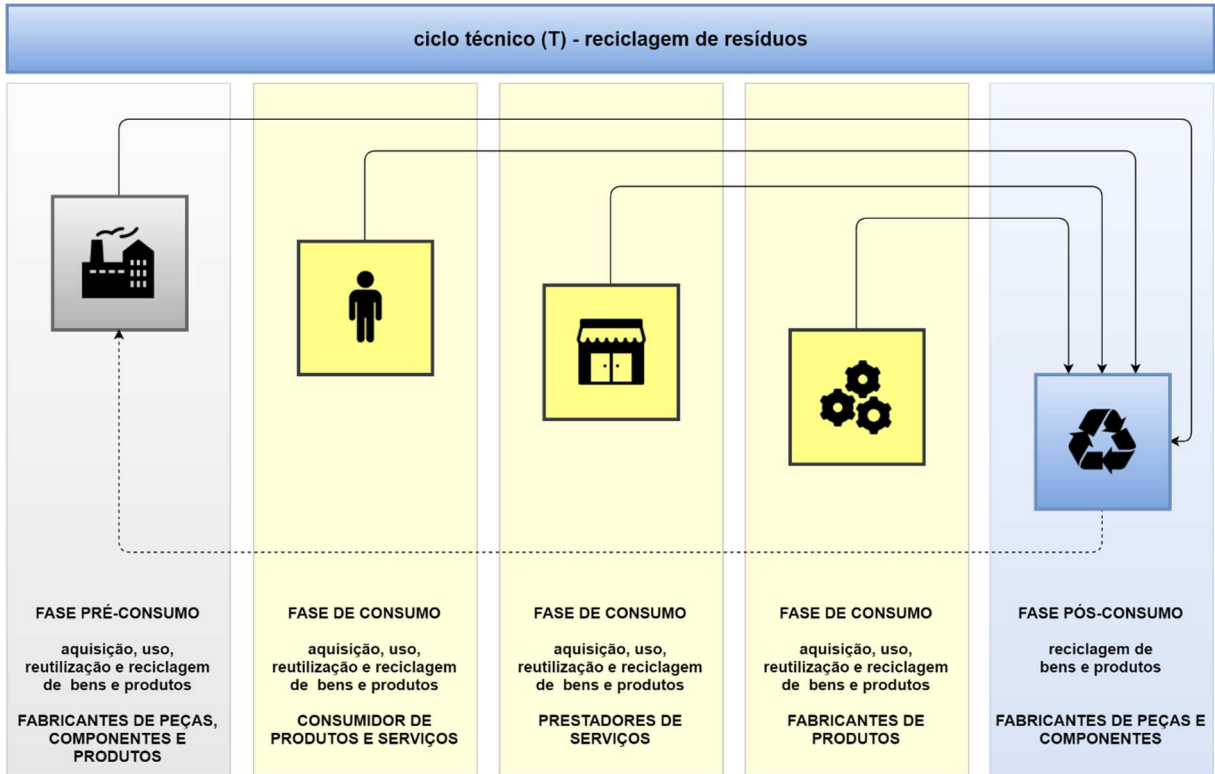
(a) manutenção.



(b) remanufatura.

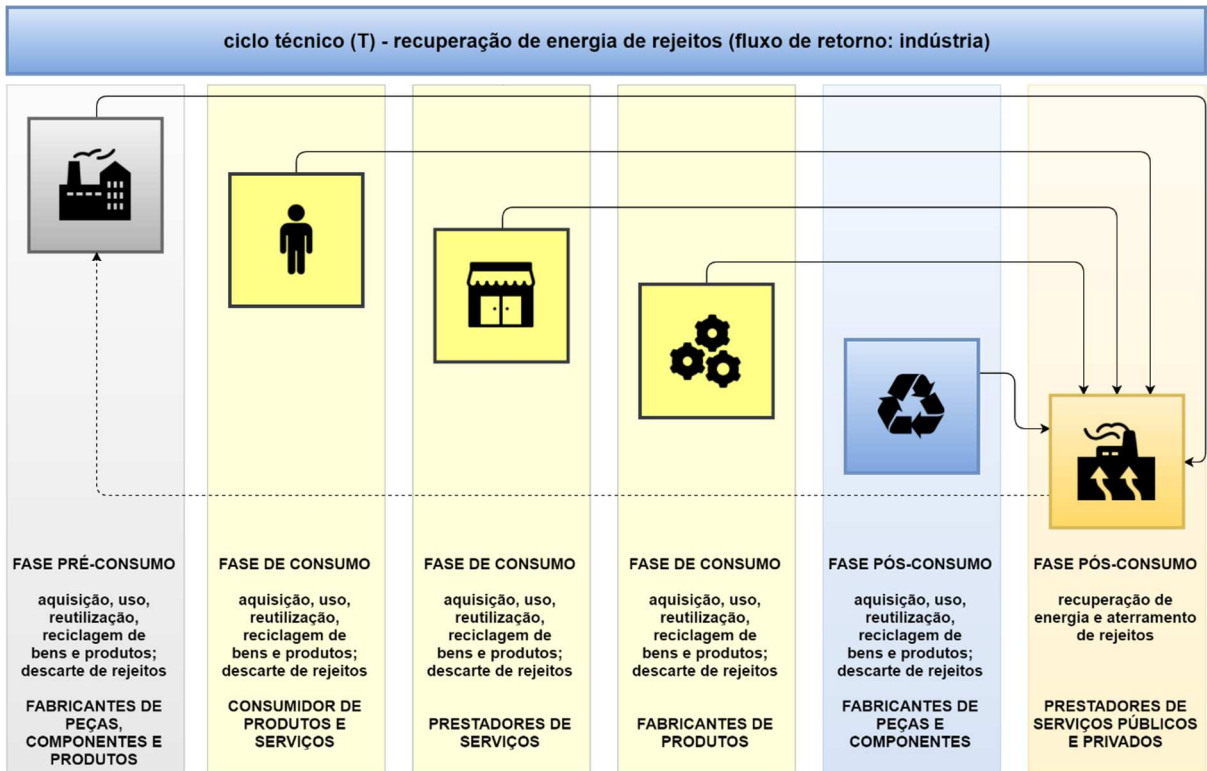
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 50 – Ciclo técnico: fluxos de resíduos sólidos para a reciclagem.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 51 – Ciclo técnico: fluxos de rejeitos para a recuperação de energia.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Neste ponto, ocorreu a seguinte percepção: é possível mapear, alterar e adaptar qualquer processo de um determinado fluxo de produtos, resíduos e rejeitos, em ambos os ciclos de nutrientes. Ou seja, o campo da pesquisa nesta seara é vasto. Para estabelecer foco e realizar o trabalho dentro dos limites e prazos estabelecidos, a delimitação do objeto de estudo foi novamente lembrada.

O recorte do objeto de pesquisa englobou somente os RSU que, conforme mencionado na introdução do capítulo 3, são a soma dos resíduos domiciliares com aqueles gerados pelos serviços de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas) (BRASIL, 2010a). Mas, será esta definição tão “certinha” assim? É preciso atentar-se para algumas particularidades legais...

A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabeleceu as diretrizes nacionais para o Saneamento Básico, em seu capítulo I, artigo 2º, inciso I, alínea c, considera que a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, constitui-se “pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana”.

Os resíduos de limpeza urbana são aqueles resultantes dos serviços de varrição das vias públicas, da limpeza de galerias, de córregos e de terrenos públicos, da limpeza de feiras livres, dos serviços de jardinagem e poda de árvores, da coleta de sobras de madeira, móveis inservíveis descartados pela população e corpos de animais. A coleta, o transporte, a destinação, o tratamento e a disposição final deste tipo de resíduo são responsabilidade da municipalidade.

Entretanto, a referida lei, em seu capítulo I, artigo 6º, suscita imprecisão ao afirmar que “o lixo originário de atividades comerciais, industriais e de serviços cuja responsabilidade pelo manejo não seja atribuída ao gerador pode, por decisão do poder público, ser considerado resíduo sólido urbano” (BRASIL, 2007).

Assim sendo, em boa parte dos municípios brasileiros a administração pública acaba assumindo o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em estabelecimentos comerciais, industriais e de serviços, desde que equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Portanto, ao planejar um sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos é preciso definir e caracterizar o RSU, principalmente aquele oriundo destes estabelecimentos e delimitar a responsabilidade dos atores envolvidos, a saber: geradores e prefeitura.

Observadas estas particularidades legais, definiu-se que a projeção do Modelo de Transição neste trabalho se concentraria no fluxo de resíduos sólidos e rejeitos, domiciliares e de limpeza urbana (varrição, limpeza de logradouros e vias públicas), na fase pós-consumo no

ciclo dos nutrientes biológicos e na fase de consumo e pós-consumo no ciclo dos nutrientes técnicos.

O partido geral que orientou a projeção do Modelo de Transição está representado nas figuras 52 e 53, referentes ao ciclo biológico e ao ciclo técnico, respectivamente.

No partido geral correlacionou-se o ciclo, o fluxo, as fases do ciclo de produção e consumo, os principais atores em cada fase e a ordem de prioridade estabelecida anteriormente (fruto da combinação de três elementos: a contribuição dada por Lansink (2018), a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (BRASIL, 2010a) e as fontes de criação de valor da Economia Circular).

A partir desta correlação, foi apontado o objetivo mais importante a ser alcançado em cada fase do ciclo de produção e consumo, resumidos nas seguintes palavras-chave: reduzir, reutilizar, segregar, destinar e dispor.

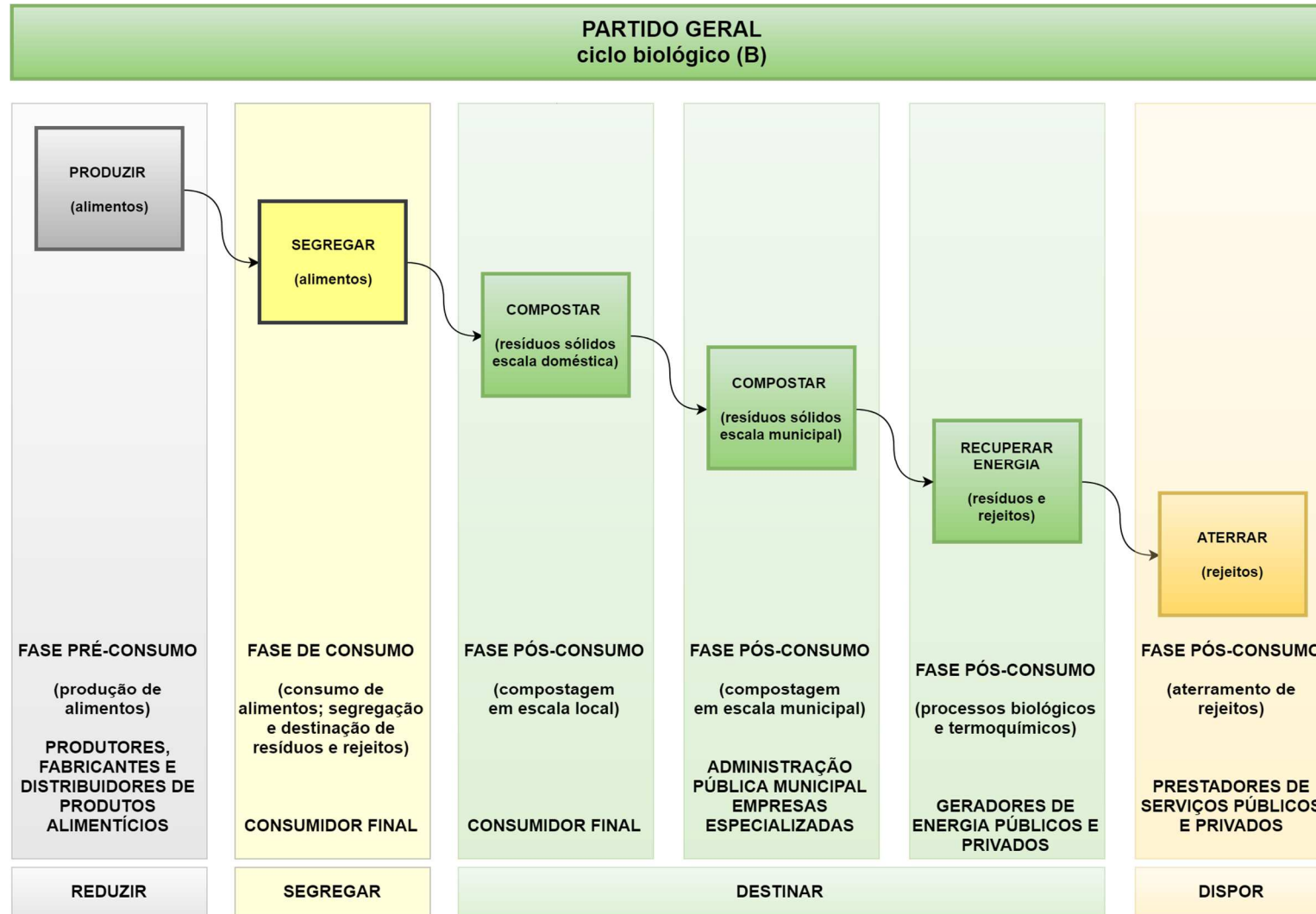
A reutilização só é possível no ciclo técnico (Figura 53).

No ciclo biológico, a palavra-chave “destinar” está localizada na fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo e refere-se à compostagem e à recuperação de energia a partir de resíduos sólidos orgânicos (Figura 52).

No ciclo técnico, a palavra-chave “destinar” também está localizada na fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo, mas refere-se aos processos de reciclagem de resíduos sólidos e de recuperação de energia a partir de rejeitos (Figura 53).

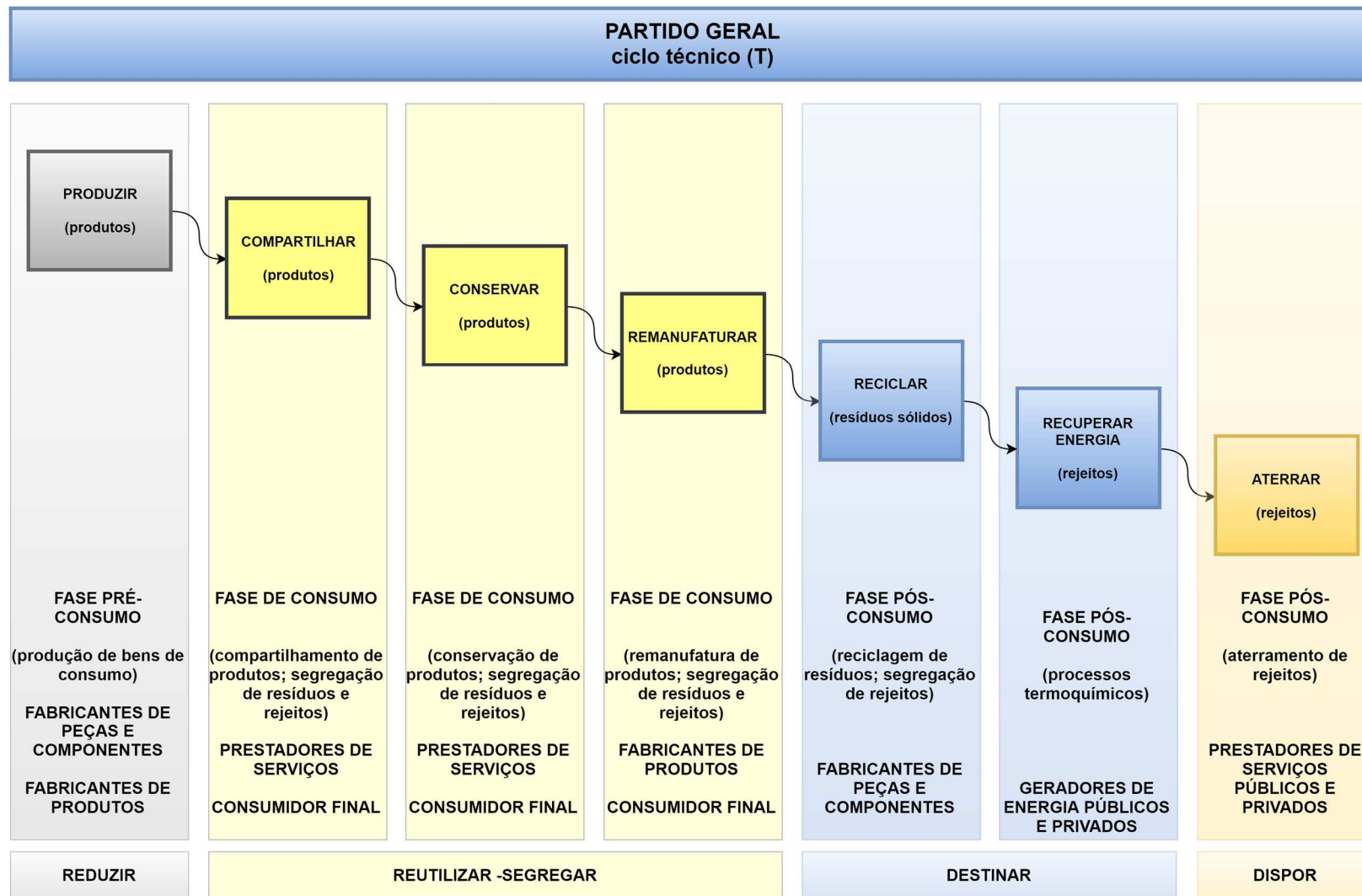
Em ambos os ciclos, a palavra-chave “dispor” relaciona-se ao manejo de rejeitos.

Figura 52 – Ciclo biológico: partido geral para o Modelo de Transição.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 53 – Ciclo técnico: partido geral para o Modelo de Transição.

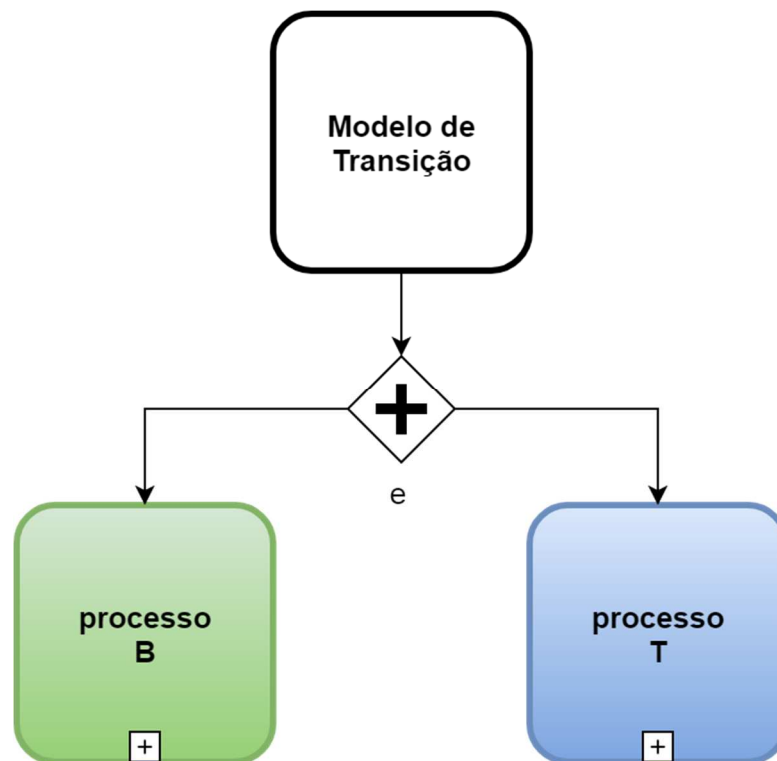


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Feita a devida explicação sobre o partido geral que orientou a concepção do Modelo de Transição é preciso ainda demonstrar a sua estrutura e fazer referência à linguagem adotada na sua representação gráfica.

O Modelo de Transição, conforme explicado anteriormente, constitui-se de dois ciclos e seus respectivos fluxos e processos. A modelagem dos processos B e T referentes, respectivamente, ao ciclo dos nutrientes biológicos e dos nutrientes técnicos, foi feita de cima para baixo (abordagem *Top down*). A partir de uma visão macro foi elaborado um fluxograma geral, onde se estabeleceu a articulação destes processos. Observando a Figura 54, vê-se à esquerda do fluxograma geral, o processo B, relativo ao ciclo biológico, representado na cor verde; e à direita, o processo T, relativo ao ciclo técnico, representado na cor azul.

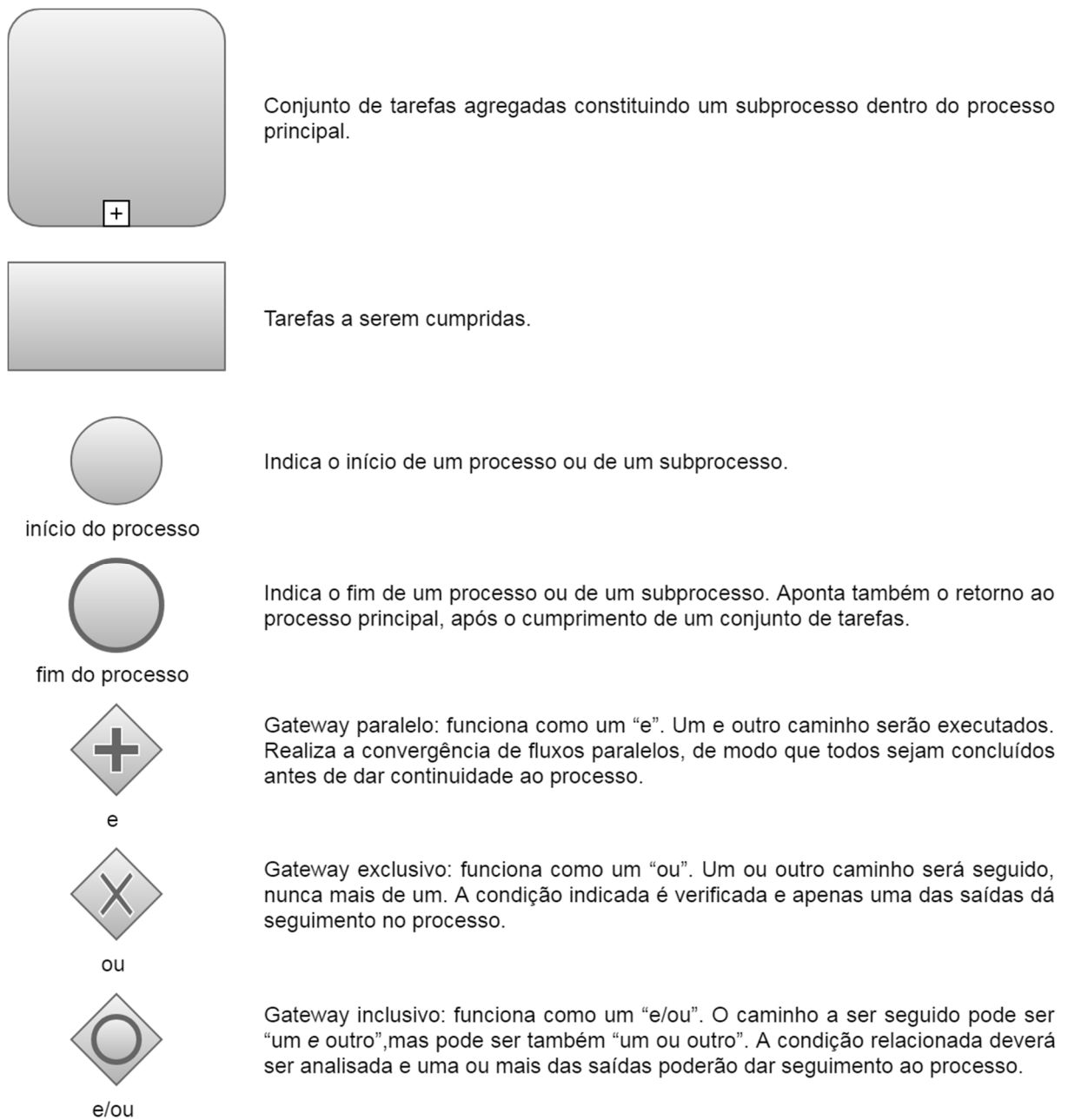
Figura 54 – Fluxograma geral: estrutura básica do Modelo de Transição.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Os processos B e T foram modelados por meio de fluxogramas, empregando-se a notação BPMN, conforme determinado na metodologia (seção 2.2). A Figura 55 apresenta uma legenda dos símbolos empregados na modelagem dos processos B e T, a fim de propiciar a leitura e a interpretação dos fluxogramas que os representa.

Figura 55 – Legenda dos símbolos empregados na modelagem dos processos B e T.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de *Association of Business Process Management Professionals* (2013).

O processos se desdobram em subprocessos sequenciados, ordenados de acordo com o fluxo de produtos, resíduos e rejeitos no interior de cada ciclo.

Os subprocessos estão representados nos fluxogramas por retângulos com bordas arredondadas e um símbolo (+) na base inferior, implicando no entendimento de que naquele ponto do processo existe um conjunto de tarefas agregadas a serem cumpridas, que possuem um propósito específico dentro do processo principal. As tarefas por sua vez, estão representadas por retângulos (Figura 55).

O início de um processo ou de um subprocesso é sempre indicado por um círculo de borda fina e o fim dos mesmos por um círculo de borda grossa. Este último pode significar também que um conjunto de tarefas agregadas foi cumprido e que, portanto, deve ocorrer uma volta ao processo principal.

Em alguns pontos dos processos B e T encontra-se a necessidade de escolher entre uma ou mais possibilidades para se atingir um determinado resultado. As escolhas a serem feitas dentro dos processos são apontadas pelos *gateways* – losangos contendo um símbolo (+) para soma; um símbolo (X) para uma escolha e um símbolo (O) para realizar uma soma ou uma escolha simultaneamente (Figura 55).

O processos e subprocessos foram denominados por títulos e também codificados, por meio da combinação dos elementos listados no Quadro 14, com o objetivo de mapear o fluxo dos resíduos e rejeitos.

Quadro 14 – Elementos empregados na codificação dos fluxogramas.

B	Indica que o fluxograma é parte integrante do processo B, que é referente ao ciclo dos nutrientes biológicos.
T	Indica que o fluxograma é parte integrante do processo T, que é referente ao ciclo dos nutrientes técnicos.
pre	O fluxograma refere-se à fase pré-consumo do ciclo de produção e consumo.
cons	O fluxograma refere-se à fase de consumo do ciclo de produção e consumo.
pos	O fluxograma refere-se à fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo.
d	Fluxo dos resíduos sólidos domiciliares.
u	Fluxo dos resíduos sólidos de limpeza urbana.
R	Fluxo dos rejeitos.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Ao elaborar o Modelo de Transição, estabeleceu-se uma correlação entre as tecnologias conhecidas e aplicáveis ao gerenciamento de resíduos sólidos e os pressupostos da Economia Circular. Por isto, em alguns fluxogramas, e também em algumas partes do texto explicativo que os acompanha, especificamente onde se discute esta correlação, encontra-se os códigos apontados no Quadro 15. A letra “P” se refere aos princípios de 1 a 5 da Economia Circular e a letra “F” às fontes de criação de valor de 1 a 4. Estes pressupostos da Economia Circular foram abordados na seção 4.2.1 e 4.2.2.

Quadro 15 – Legenda dos códigos adotados para os pressupostos da Economia Circular.

CÓDIGO	PRINCÍPIOS
P1	Projetar sem desperdício
P2	Criar resiliência através da diversidade
P3	Depender de energias renováveis
P4	Pensar sistemicamente
P5	Converter desperdício em nutriente
CÓDIGO	FONTES DE CRIAÇÃO DE VALOR
F1	Poder do círculo interno
F2	Poder dos círculos duradouros
F3	Poder do uso em cascata
F4	Poder dos círculos puros

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 22-23).

Uma vez exposto como o Modelo de Transição foi concebido, desenvolvido e projetado, apresenta-se nas seções seguintes a sua representação gráfica (objeto-modelo m2), acompanhada de comentários explicativos (modelo teórico Ts).

Os subprocessos componentes do processo B foram descritos e explicados na seção 5.2.1. Seguindo o mesmo raciocínio, na seção 5.2.2 foram descritos e explicados os subprocessos componentes do processo T.

5.2.1 O ciclo dos nutrientes biológicos e o processo B

Inicia-se a apresentação do Modelo de Transição pela descrição do processo B, referente ao ciclo dos nutrientes biológicos, representado à esquerda do fluxograma geral na Figura 54.

Após os textos explicativos, apresenta-se as figuras citadas neles que, tomadas em conjunto, contêm a representação gráfica do processo B, em cada uma das fases do ciclo de produção e consumo.

Identificou-se no ciclo dos nutrientes biológicos duas fases distintas, nas quais são gerados produtos, resíduos e rejeitos: pré-consumo e pós-consumo.

A primeira é a fase pré-consumo, onde os produtos de natureza biológica são adquiridos em atividades extrativistas ou produzidos pela agricultura, pecuária, agropecuária e agroindústria³⁵. As entradas do sistema incluem, principalmente, recursos naturais de natureza orgânica, insumos e energia. As saídas do sistema, após o processo produtivo, são produtos alimentícios, resíduos e rejeitos.

Esta fase está indicada com um triângulo vermelho na Figura 56 e o processo identificado nela foi esquematizado em um fluxograma (B-pre), comentado mais à frente.

Em todas as figuras, os triângulos vermelhos sempre indicam que há subprocessos dentro do processo que está sendo apresentado na figura e que foram detalhados em outras figuras por meio de fluxograma específico.

³⁵ Definições:

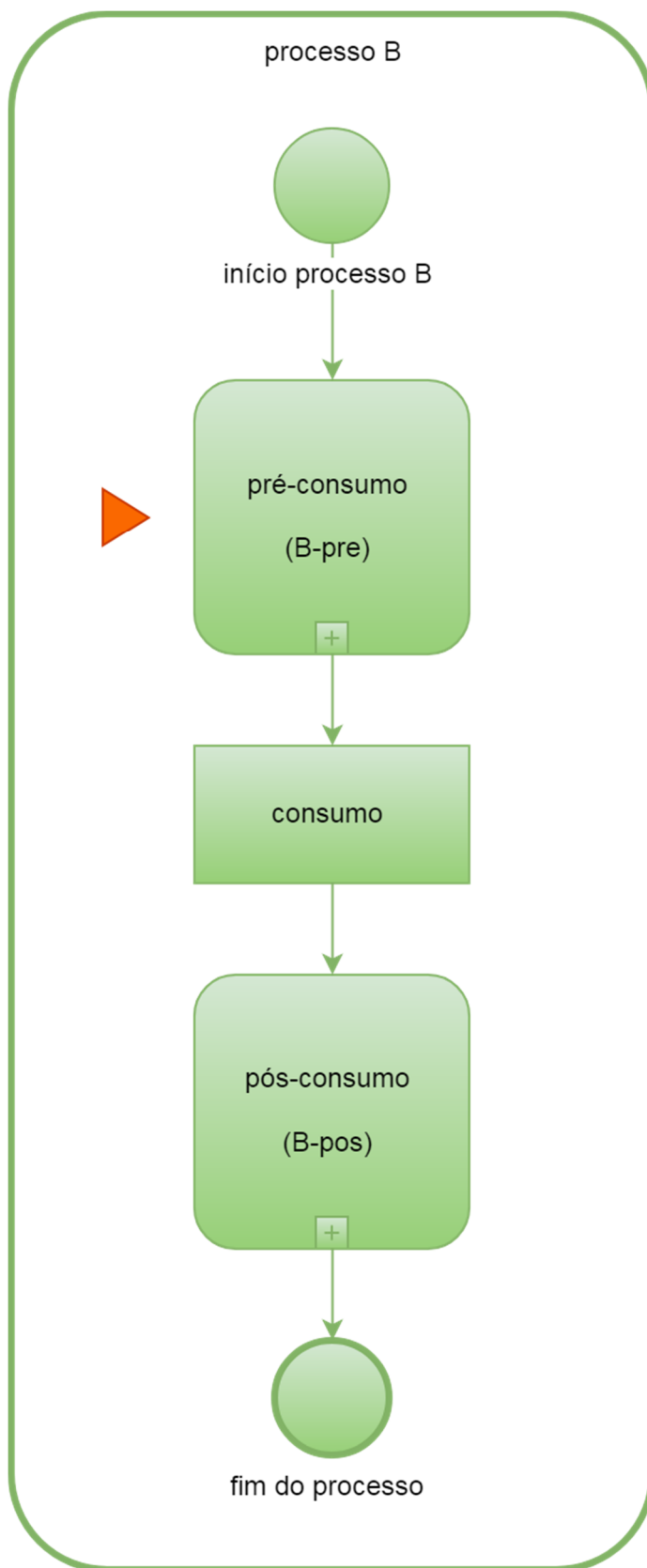
Agricultura é o conjunto de técnicas, atividades e experiências desenvolvidas e utilizadas para cultivar vegetais com o objetivo de obter alimentos, fibras, energia e matérias-primas diversas (ORMOND, 2006).

Pecuária refere-se à criação de animais (bovinos, ovinos, suínos, dentre outros). As técnicas, atividades e experiências desenvolvidas e praticadas compreendem a alimentação, a seleção, a reprodução e a higiene dos animais para obtenção de produtos de consumo humano, entre eles a carne e o leite (ORMOND, 2006).

Agropecuária é a teoria e a prática da agricultura associada à pecuária. O termo está relacionado às técnicas, atividades e experiências que utilizam práticas da produção agrícola combinadas com a criação de animais para produção de alimentos para consumo humano (ORMOND, 2006).

Agroindústria indústria que processa ou beneficia matéria-prima oriunda da agricultura e a vende como produto para consumo ou matéria-prima para outras indústrias (ORMOND, 2006).

Figura 56 – Indicação da fase pré-consumo no processo B.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Embora extrapole a delimitação do objeto de estudo, a fase pré-consumo foi abordada na modelagem do processo B, com o objetivo de estabelecer uma sequência lógica e compreensível do fluxo de nutrientes biológicos. Para tanto, foi elaborado o fluxograma B-pre, apresentado na Figura 57.

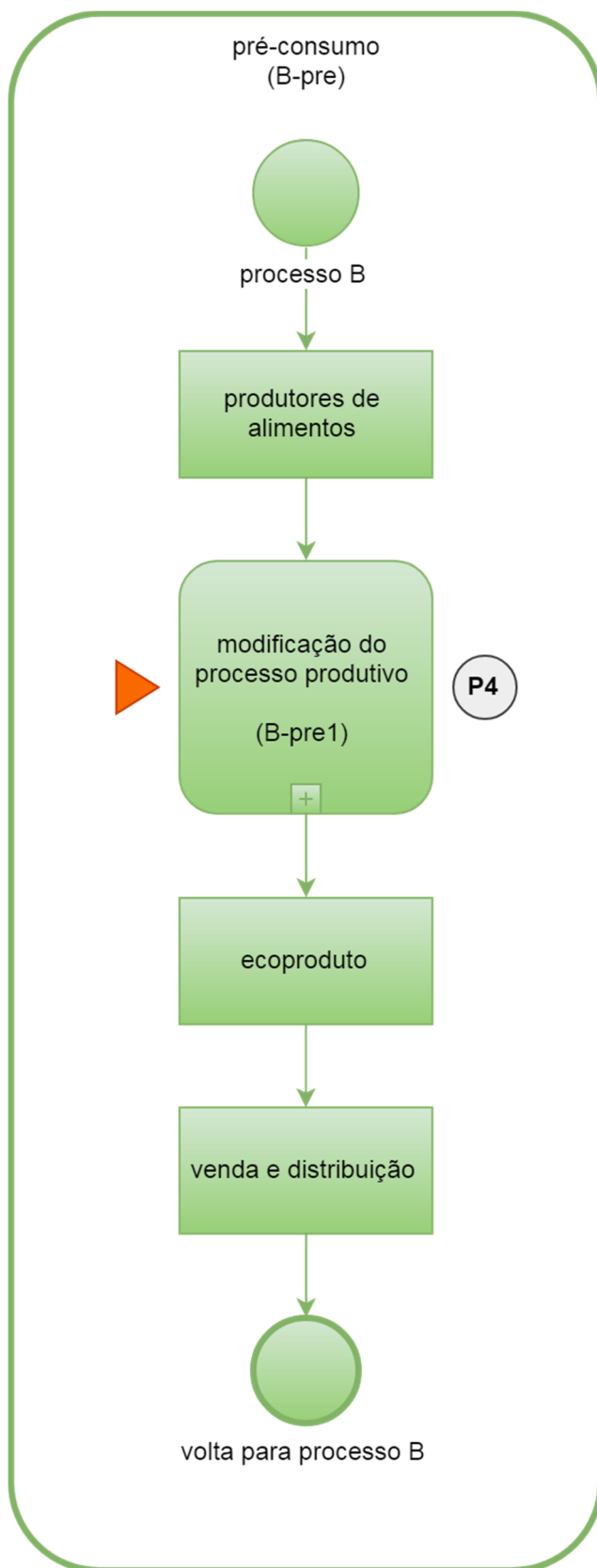
Percebeu-se que a aplicação dos pressupostos da Economia Circular no ciclo de nutrientes biológicos na fase pré-consumo poderia ocorrer, principalmente, na modificação dos processos produtivos e no gerenciamento dos resíduos e rejeitos da produção.

Um bom exemplo do que pode ser feito para modificar os processos produtivos é a Agroecologia – uma forma de agricultura sustentável que retoma as concepções agronômicas anteriores à Revolução Verde. Nela se apregoa a aplicação de conceitos e princípios da ecologia no desenho e manejo de agroecossistemas, o que se relaciona ao pensamento sistêmico (P4). Na Agroecologia, as práticas de agricultura incorporam questões econômicas, ecológicas, sociais, culturais, políticas e éticas. No Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) foi a pioneira na construção do conhecimento agroecológico, ao apresentar resultados parciais de um trabalho de pesquisa desenvolvido por seus técnicos e por instituições parceiras. Embora parciais, os resultados demonstraram que é possível construir um modelo de agricultura que harmonize a necessidade de produzir alimentos com a estruturação de sistemas produtivos socialmente justos e que respeitem os limites do meio ambiente (MEDEIROS, CARVALHO e STRASSBURGER, 2011).

Correlacionando os fundamentos da Agroecologia aos pressupostos da Economia circular, identifica-se todos os seus princípios e fontes de criação de valor. Destaca-se o princípio P3 e a fonte de criação de valor F4, visto que o emprego de fontes de energia renovável e a utilização de substâncias sem toxicidade são práticas incentivadas pela Agroecologia. Quanto ao gerenciamento de resíduos e rejeitos do processo produtivo, relacionados ao princípio P5 e às fontes de criação de valor F1, F2 e F3, há muitas contribuições por parte da EMBRAPA que podem ser acessadas nas Bases de Dados da Pesquisa Agropecuária. Destaca-se as publicações de Spadotto e Ribeiro (2006); Palhares e Gebler (2014); e de Palhares (2018) que versam sobre o aproveitamento de resíduos orgânicos gerados na agricultura e na agroindústria.

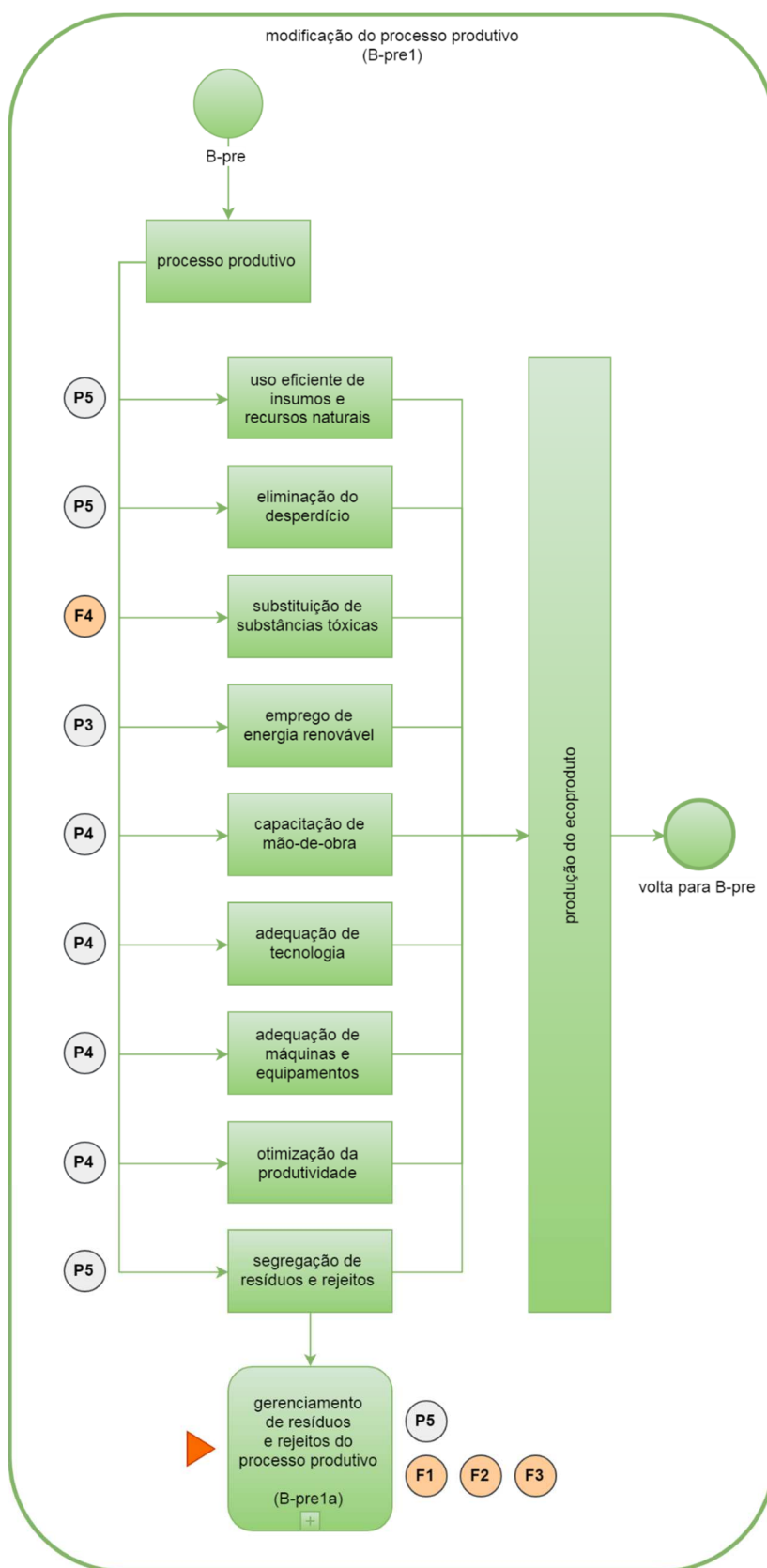
Assim, a partir de algumas estratégias já conhecidas e difundidas foi elaborada uma proposição para modificar o processo produtivo (fluxogramas B-pre1, Figura 58 e fluxograma B-pre1a, Figura 59). Se as atividades propostas em B-pre1 forem atendidas, obtém-se um ecoproduto, compatível com os pressupostos da Economia Circular em um período de transição.

Figura 57 – Fluxograma B-pre: detalhamento da fase pré-consumo no processo B.



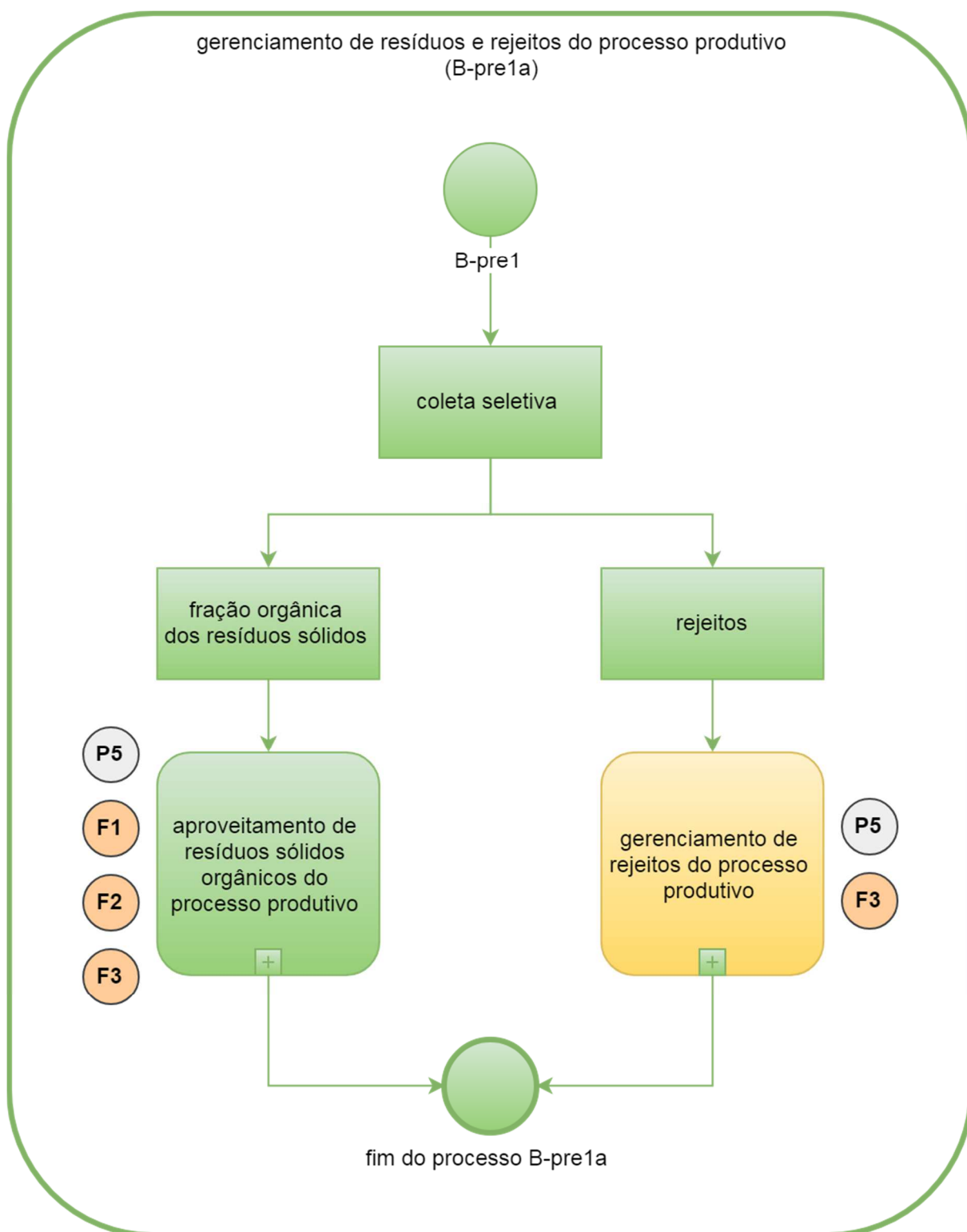
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 58 – Fluxograma B-pre1: proposições para modificação do processo produtivo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 59 – Fluxograma B-pre1a: gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos do processo produtivo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

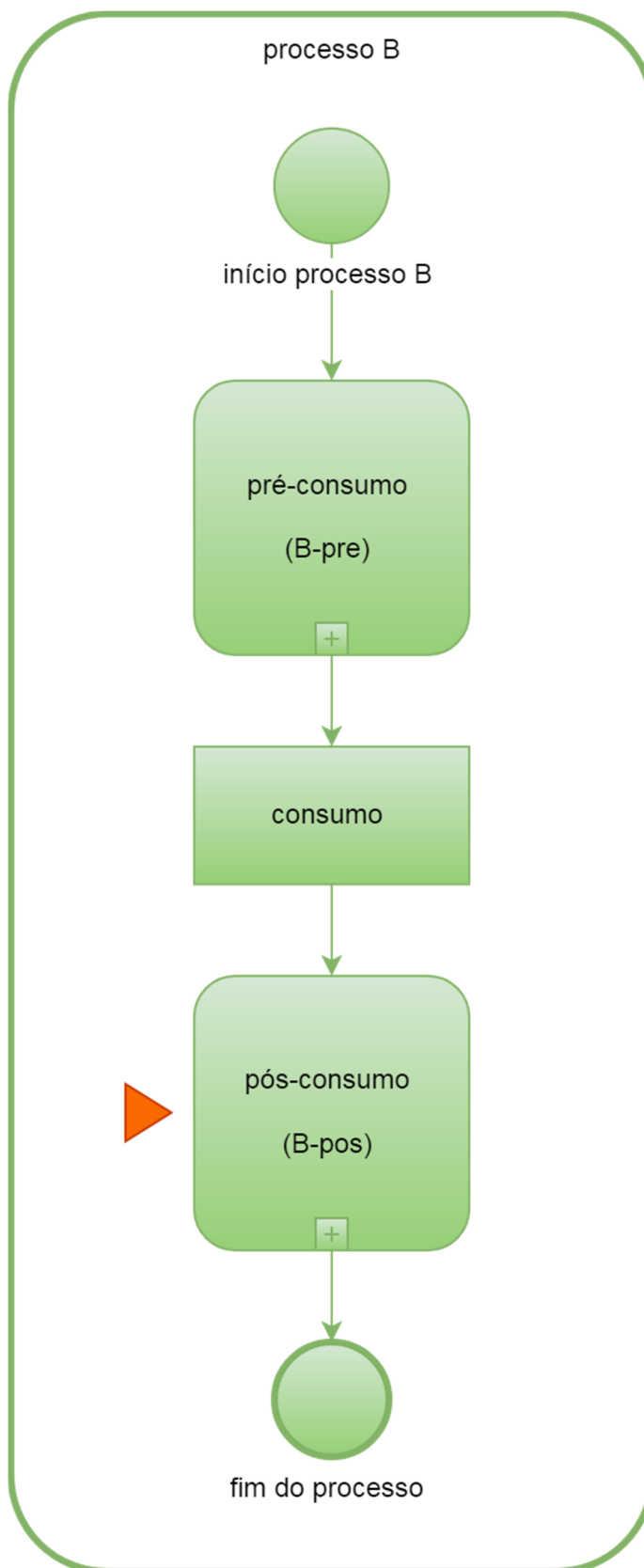
A segunda fase do ciclo de nutrientes biológicos ocorre após a manipulação e o consumo de produtos orgânicos. Nela se originam tanto os resíduos orgânicos de origem animal e vegetal, quanto os rejeitos. Estes últimos, são os materiais inorgânicos que foram misturados aos orgânicos, normalmente no processo produtivo, ou no momento da venda ao consumidor final, como por exemplo: embalagens plásticas que continham alimentos gordurosos e papéis que entraram em contato com alimentos úmidos. Se não for possível separar a fração inorgânica da orgânica, os materiais tornam-se rejeitos e devem ser gerenciados no âmbito municipal.

A fase de consumo no ciclo de nutrientes biológicos não constitui um processo no Modelo de Transição, porque não há produtos passíveis de reutilização circulando no sistema. Os produtos são consumidos e as sobras são descartadas e integradas à fase pós-consumo.

Portanto, a fase de consumo no ciclo de nutrientes biológicos é apenas uma etapa do processo B, mas ela é o gatilho para que se inicie a fase pós-consumo, indicada na Figura 60 por um triângulo vermelho.

A fase pós-consumo está diretamente relacionada à delimitação do objeto de estudo, visto que os RSU são predominantemente gerados nela.

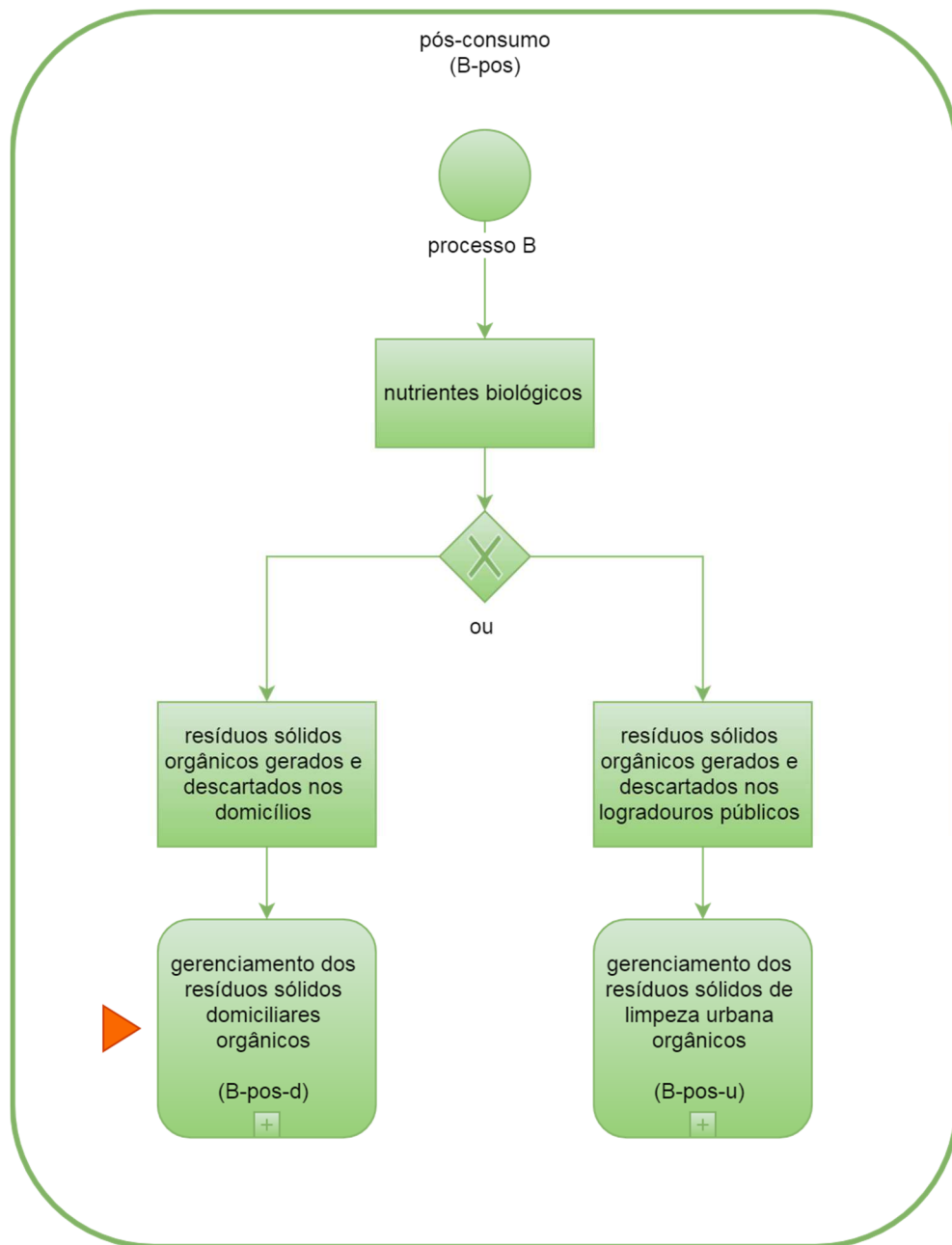
Figura 60 – Indicação da fase pós-consumo no processo B.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Considerando a definição de RSU neste trabalho, discutida e determinada na seção 5.2, assim como as especificidades do processo de gerenciamento de resíduos sólidos em um município, foi necessário decompor o fluxo dos resíduos sólidos orgânicos em dois subfluxos. Esta decomposição gerou dois subprocessos (Figura 61): o de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (fluxograma B-pos-d); e o de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (fluxograma B-pos-u).

Figura 61 – Fluxograma B-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo B (subfluxo B-pos-d).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Nos parágrafos seguintes, descreve-se os dois subprocessos resultantes da decomposição do fluxo de resíduos sólidos orgânicos, mencionados acima.

Inicia-se pela descrição do gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (subprocesso B-pos-d), indicado na Figura 61 por um triângulo vermelho. Este subfluxo é constituído basicamente por restos de alimentos originados tanto no preparo, quanto na alimentação, em residências (fluxograma B-pos-d na Figura 62).

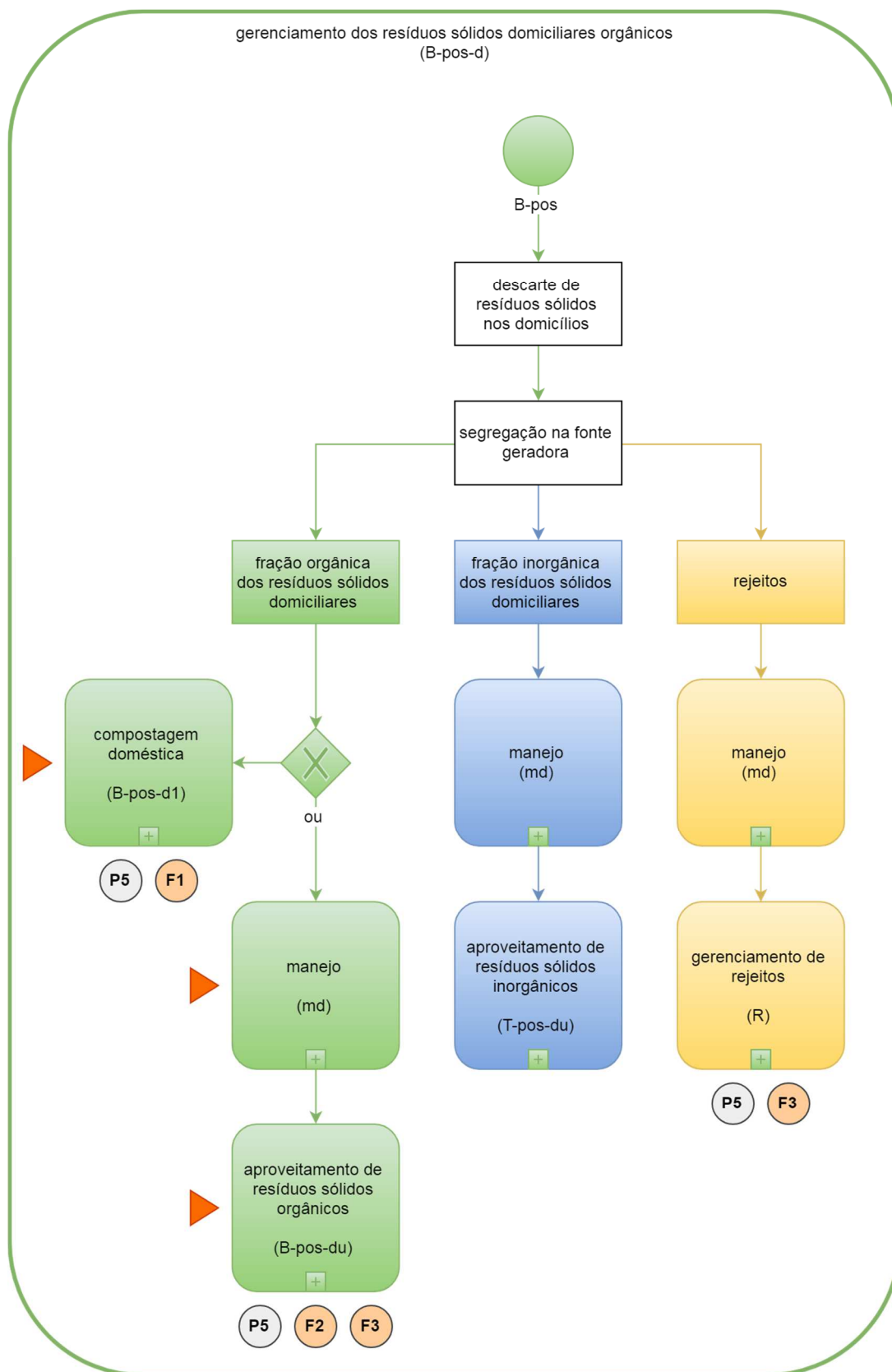
Este subprocesso se inicia pelo cumprimento de uma condição básica para o aproveitamento de qualquer tipo de resíduo: a segregação. Se a fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares foi prévia e satisfatoriamente separada dos demais resíduos no momento do descarte ela pode ter dois destinos: a compostagem de pequenos volumes em escala doméstica, esquematizada no fluxograma B-pos-d1 (Figura 63), ou o aproveitamento de grandes volumes na escala municipal.

Se o município não realiza a compostagem doméstica, os resíduos sólidos orgânicos precisam ser coletados, o que requer manejo em duas etapas (fluxograma md na Figura 64).

A primeira etapa ocorre no interior das residências e é realizada pelo município. Os resíduos sólidos precisam ser acondicionados em recipientes fechados e armazenados temporariamente, porém por um pequeno prazo, o suficiente para aguardar a coleta seletiva por um veículo apropriado, que fará o transporte. A segunda etapa é realizada pelo prestador dos serviços públicos de limpeza urbana e refere-se ao manejo externo, quando os resíduos sólidos são coletados, transportados e transbordados.

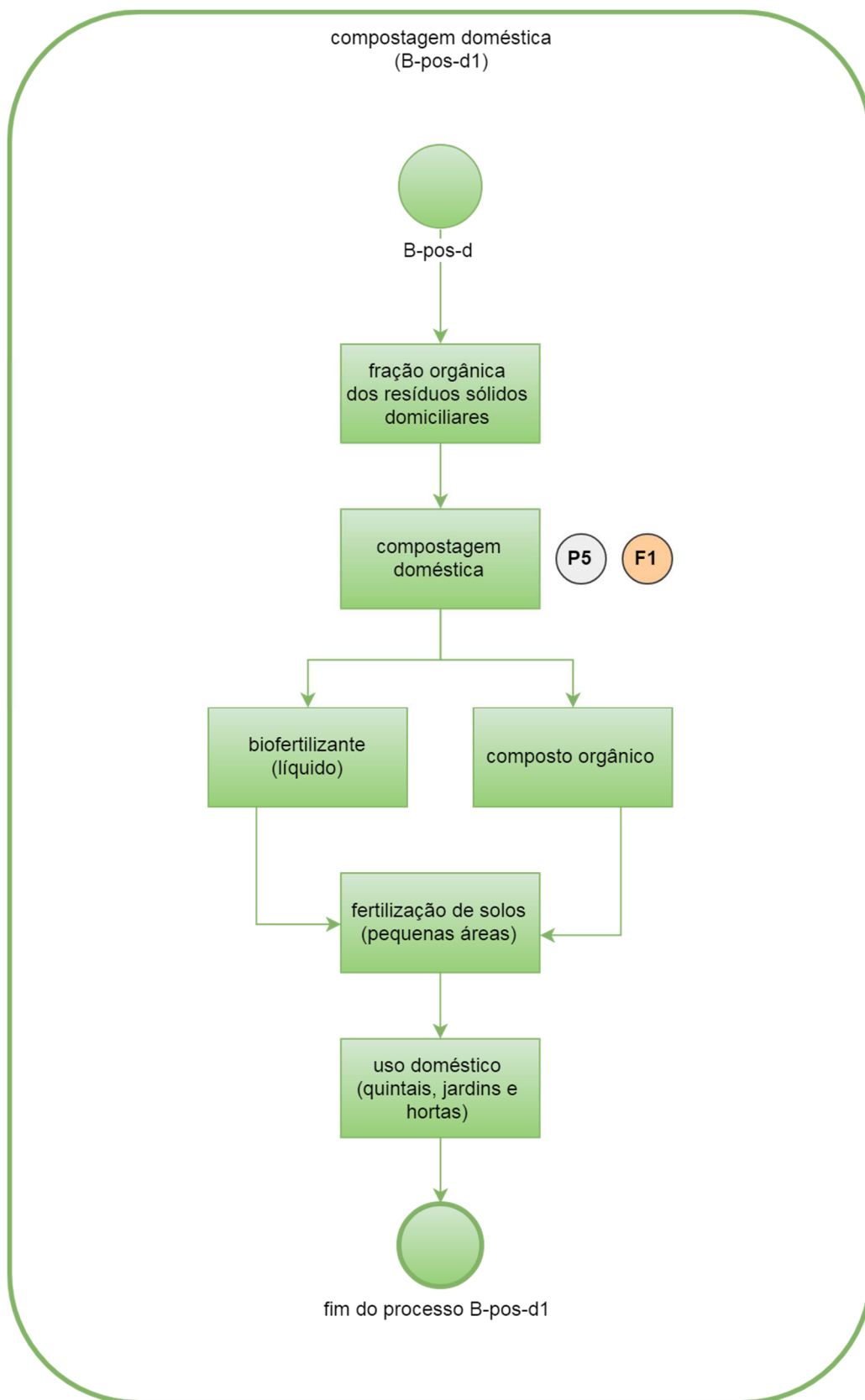
Neste caso, a destinação não será a disposição final mas, sim, o processamento em organizações públicas ou privadas, cujo foco é o aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos (subprocesso B-pos-du, na Figura 62).

Figura 62 – Fluxograma B-pos-d: gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares orgânicos.



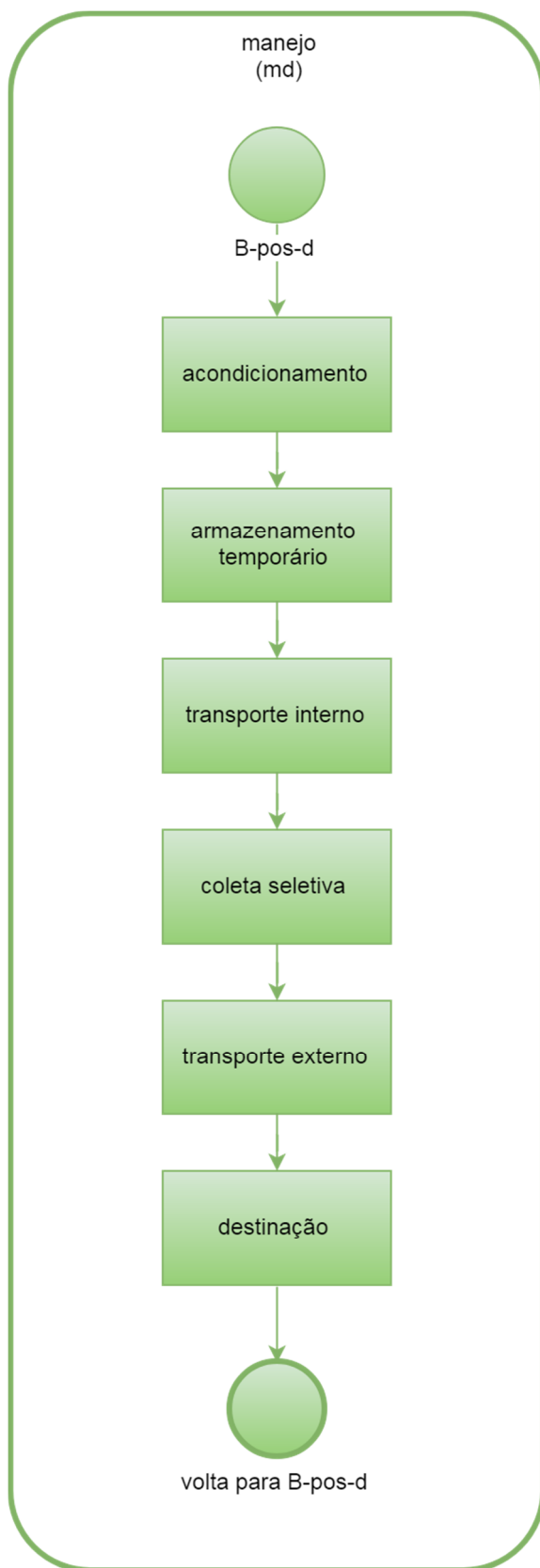
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 63 – Fluxograma B-pos-d1: Compostagem doméstica de resíduos sólidos domiciliares orgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

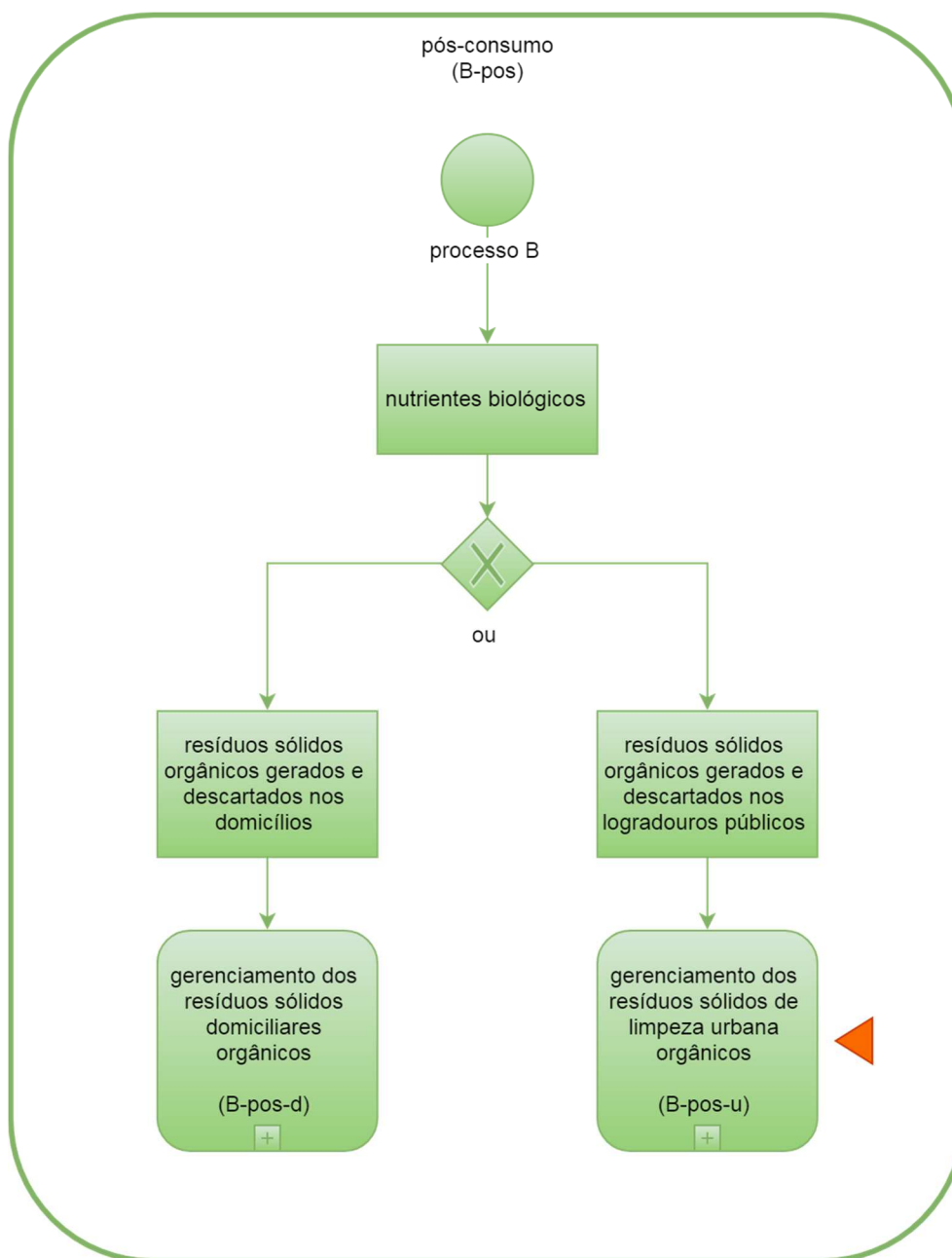
Figura 64 – Fluxograma md: manejo de resíduos sólidos domiciliares orgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Retornando ao fluxograma B-pos, que esquematiza a fase pós-consumo no ciclo de nutrientes biológicos, mais precisamente no ponto onde o fluxo foi decomposto, descreve-se a partir daqui o subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (B-pos-u), indicado por um triângulo vermelho na Figura 65.

Figura 65 – Fluxograma B-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo B (subfluxo B-pos-u).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

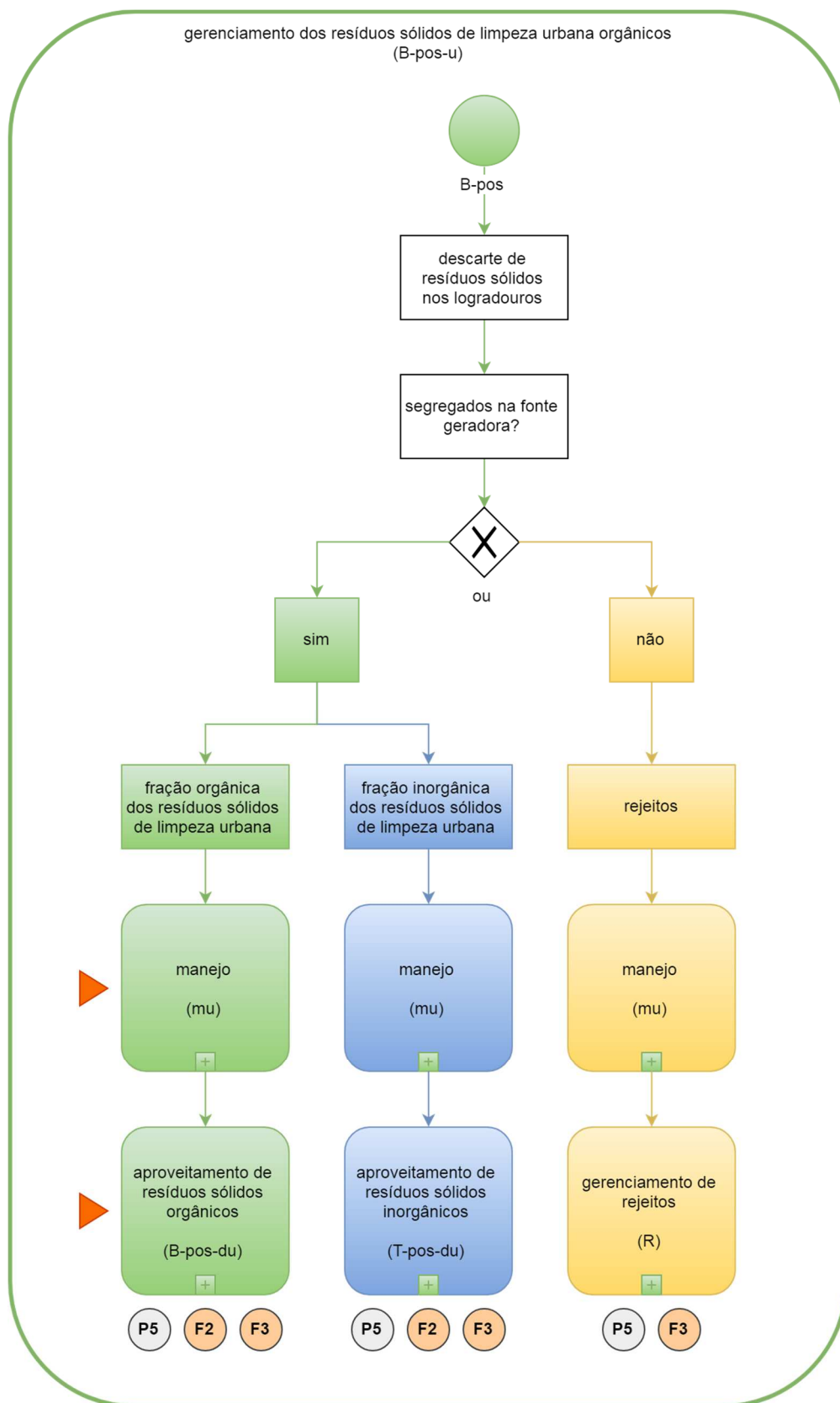
Ressaltando que, neste trabalho, os resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos são aqueles resultantes dos serviços de varrição das vias públicas; da limpeza de galerias, córregos e terrenos públicos; da limpeza de feiras livres; dos serviços de jardinagem e poda de árvores; e das sobras e móveis inservíveis de madeira descartados pela população.

Também neste subprocesso, a segregação prévia e satisfatória é uma condição básica para o aproveitamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos. Sabe-se que esta separação dificilmente ocorrerá por completo em serviços de varrição, limpeza de logradouros e vias públicas, tendo em vista os aspectos culturais da população brasileira que resiste em colaborar (fluxograma B-pos-u, na Figura 66).

No entanto, se a barreira cultural for vencida e se a administração pública estabelecer rotinas operacionais para a execução dos serviços de limpeza baseadas na segregação de resíduos sólidos e na coleta seletiva, boa parte da fração orgânica dos resíduos sólidos de limpeza urbana poderá ser aproveitada.

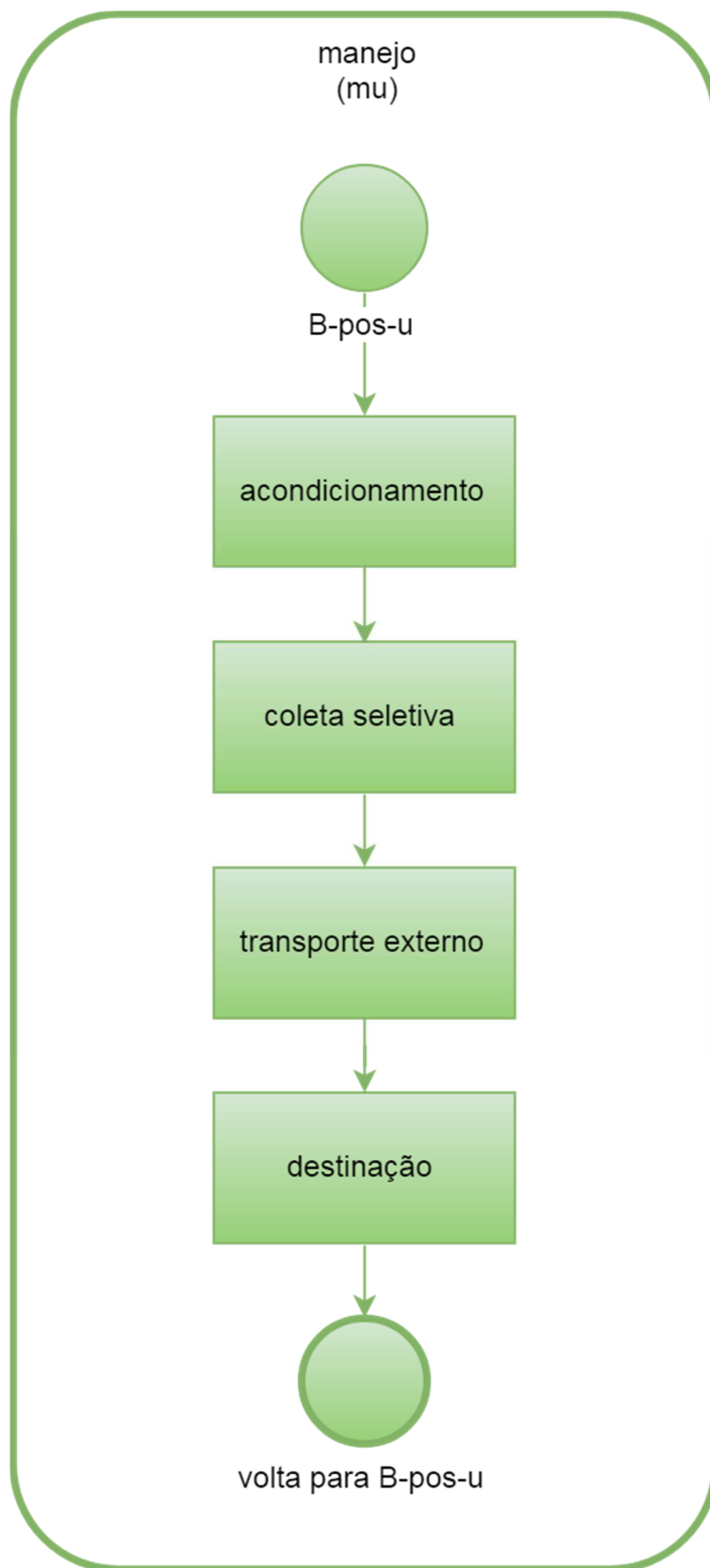
O aproveitamento de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos ocorrerá na escala municipal e vai requerer manejo, em função do volume gerado (fluxograma mu, na Figura 67). Os resíduos sólidos orgânicos precisarão ser acondicionados em recipientes apropriados para aguardar a coleta seletiva, ou em veículos para a realização da coleta e do transporte imediatos. Chegando ao seu destino, serão transbordados nos locais onde ocorrerá o seu processamento, em organizações públicas ou privadas, cujo foco seja o aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos (subprocesso B-pos-du, na Figura 66).

Figura 66 – Fluxograma B-pos-u: gerenciamento de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 67 – Fluxograma mu: manejo de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos é praticamente igual para ambos os subfluxos, sendo que as diferenças são relativas às fontes geradoras e ao manejo deles.

Isto significa que as atividades, a infraestrutura, as instalações e as rotinas operacionais requeridas para o aproveitamento destes resíduos são as mesmas, não importando de onde ele veio, mas sim as suas características físicas, químicas e biológicas. Ou seja, a organização que lida com os resíduos sólidos domiciliares orgânicos também será capaz de processar os de limpeza urbana orgânicos. Para tanto, é necessário somente que a organização, pública ou privada, seja dimensionada, projetada e construída com capacidade instalada para atender a demanda previamente identificada. Esta é uma observação importante porque cria economia de escala, o que está diretamente relacionado à uma das fontes de criação de valor da Economia Circular: F1 (Poder do círculo interno).

As tecnologias de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos mais conhecidas e empregadas foram agrupadas segundo a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (BRASIL, 2010a), pela escada de Lansink (2018) e pelas fontes de criação de valor da Economia Circular, o que resultou em três possibilidades de aproveitamento deste resíduos apontadas na Figura 68 por triângulos vermelhos (subprocessos: B-pos-du1; B-pos-du2; e B-pos-du3).

A tecnologia de aproveitamento mais simples e financeiramente mais acessível é a compostagem em escala municipal (fluxograma B-pos-du1, na Figura 69). Os produtos desta forma de tratamento são o biofertilizante (a fração líquida resultante do processo) e o composto orgânico (a fração sólida), que podem ser empregados na fertilização de solos, desde que seja garantida a ausência de toxicidade nos produtos resultantes da compostagem.

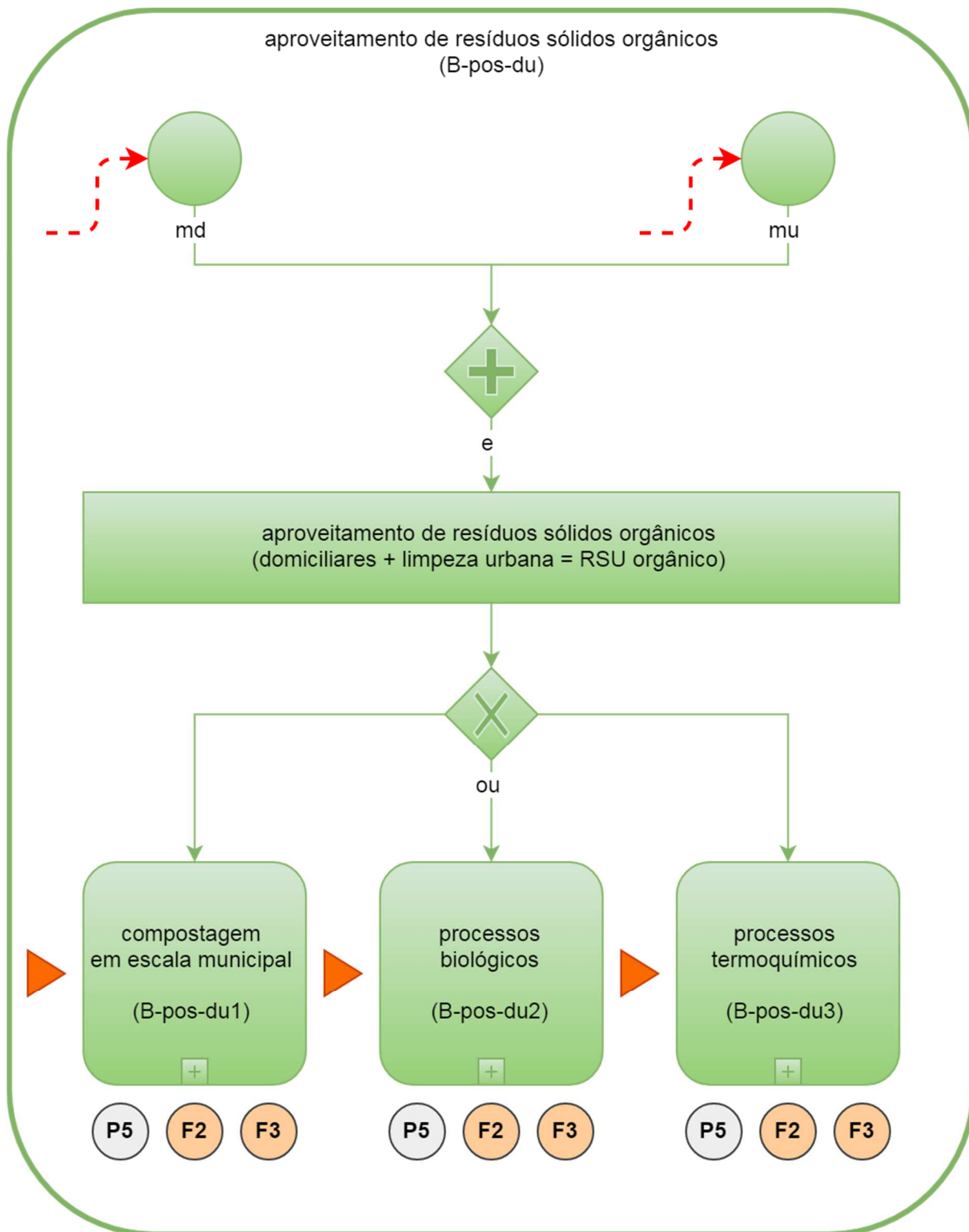
Os processos biológicos incluem a fermentação e a digestão anaeróbica, esquematizados no fluxograma B-pos-du2 (Figura 70). Ambos os processos podem produzir combustível, biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos.

Os processos termoquímicos (fluxograma B-pos-du3, na figura 71) devem ser a última opção para o aproveitamento dos resíduos sólidos orgânicos, porque exigem instalações complexas e de alto custo, bem como medidas de controle ambiental mais rigorosas. Se o controle de emissões atmosféricas (ruído, calor e poluentes) não for eficiente, os impactos ambientais negativos serão uma realidade na Área Diretamente Afetada do empreendimento, podendo atingir também a Área de Influência, dependendo da sua significância³⁶.

³⁶ A Área Diretamente Afetada corresponde à própria área ocupada pelo empreendimento. O termo Área de Influência designa a área geográfica que pode sofrer as consequências, diretas ou indiretas, do empreendimento (SÁNCHEZ, 2008, p. 225-227).

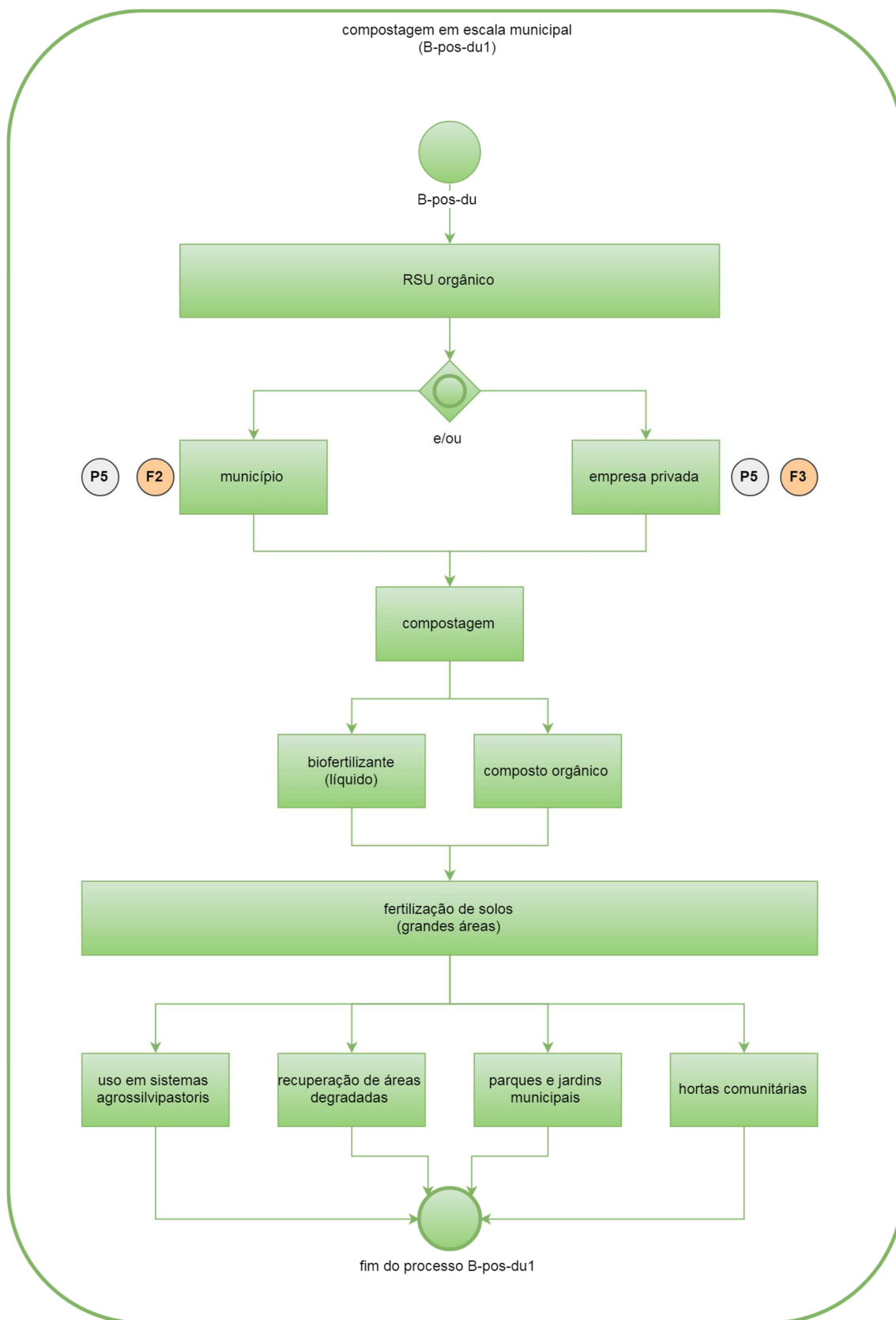
Através da Gaseificação, da pirólise e da transesterificação podem ser obtidos produtos para a geração de energia térmica, elétrica e mecânica (subprocesso B-pos-du3, na Figura 68)

Figura 68 – Fluxograma B-pos-du: aproveitamento de RSU orgânico na fase pós-consumo.



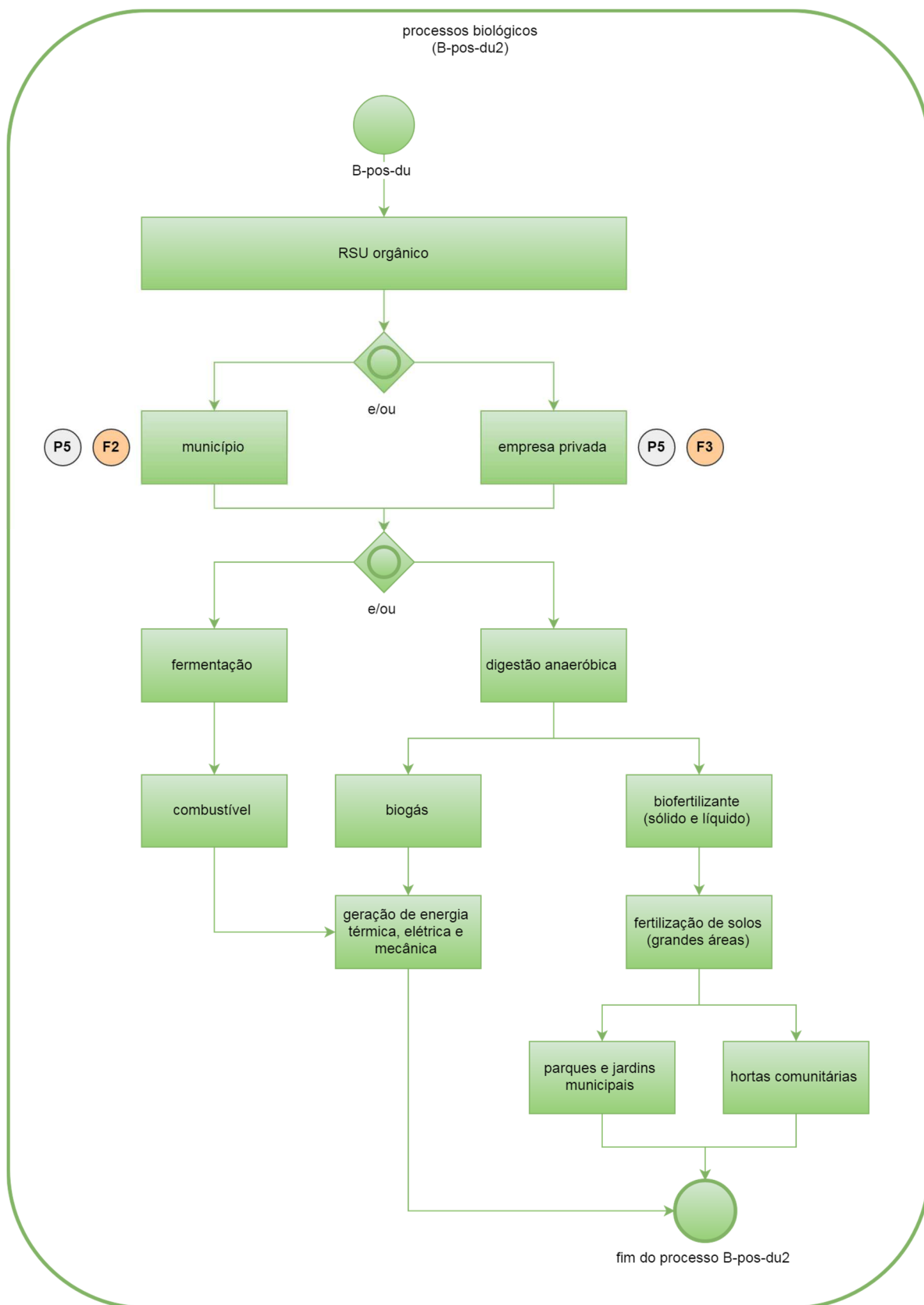
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 69 – Fluxograma B-pos-du1: compostagem em escala municipal de RSU orgânico.



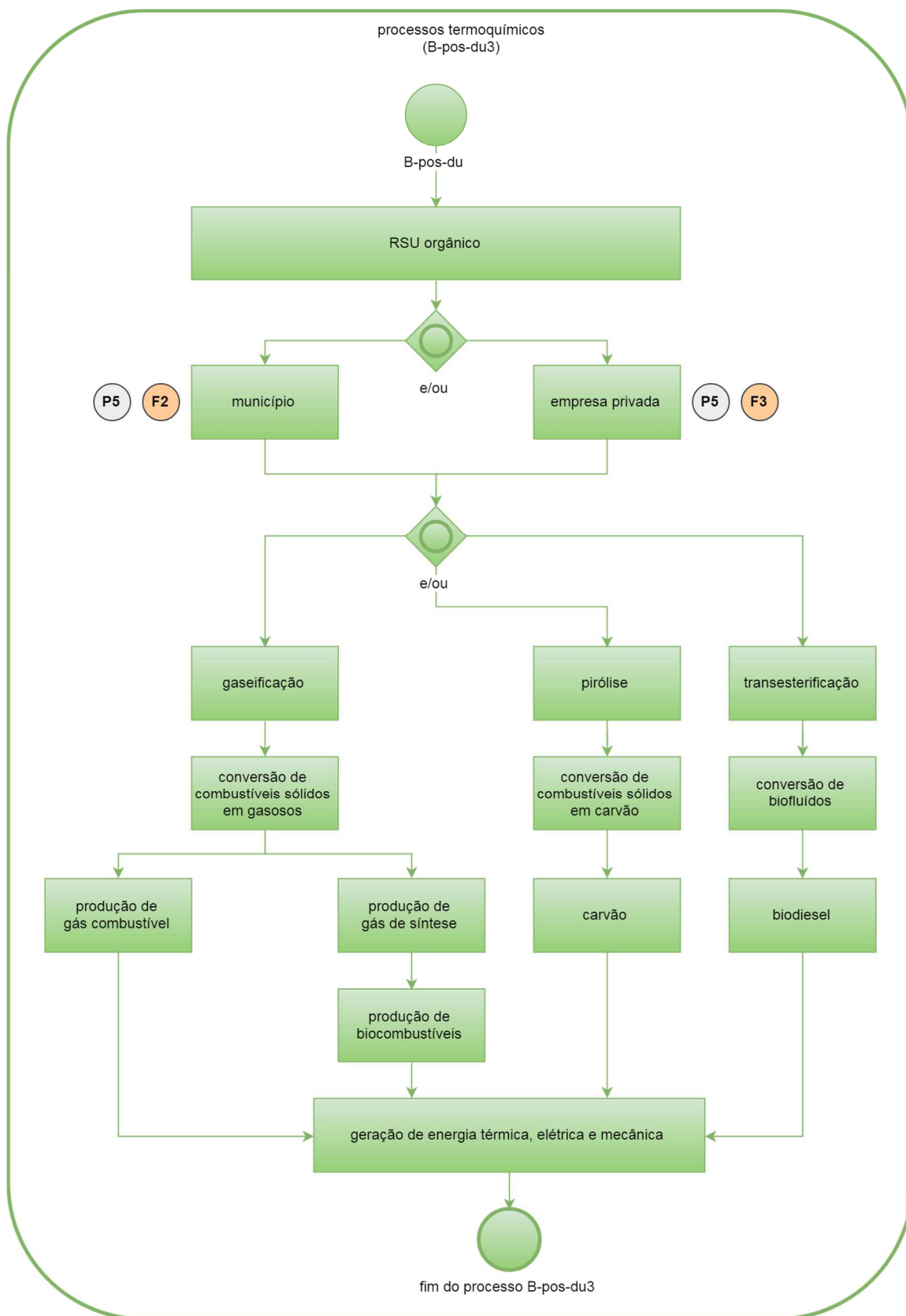
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 70 – Fluxograma B-pos-du2: aproveitamento de RSU orgânico em processos biológicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 71 – Fluxograma B-pos-du3: aproveitamento de RSU orgânico em Processos termoquímicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

5.2.2 O ciclo dos nutrientes técnicos e o processo T

Esta seção contém a descrição do processo T, referente ao ciclo dos nutrientes técnicos, representado à direita do fluxograma geral (Figura 54).

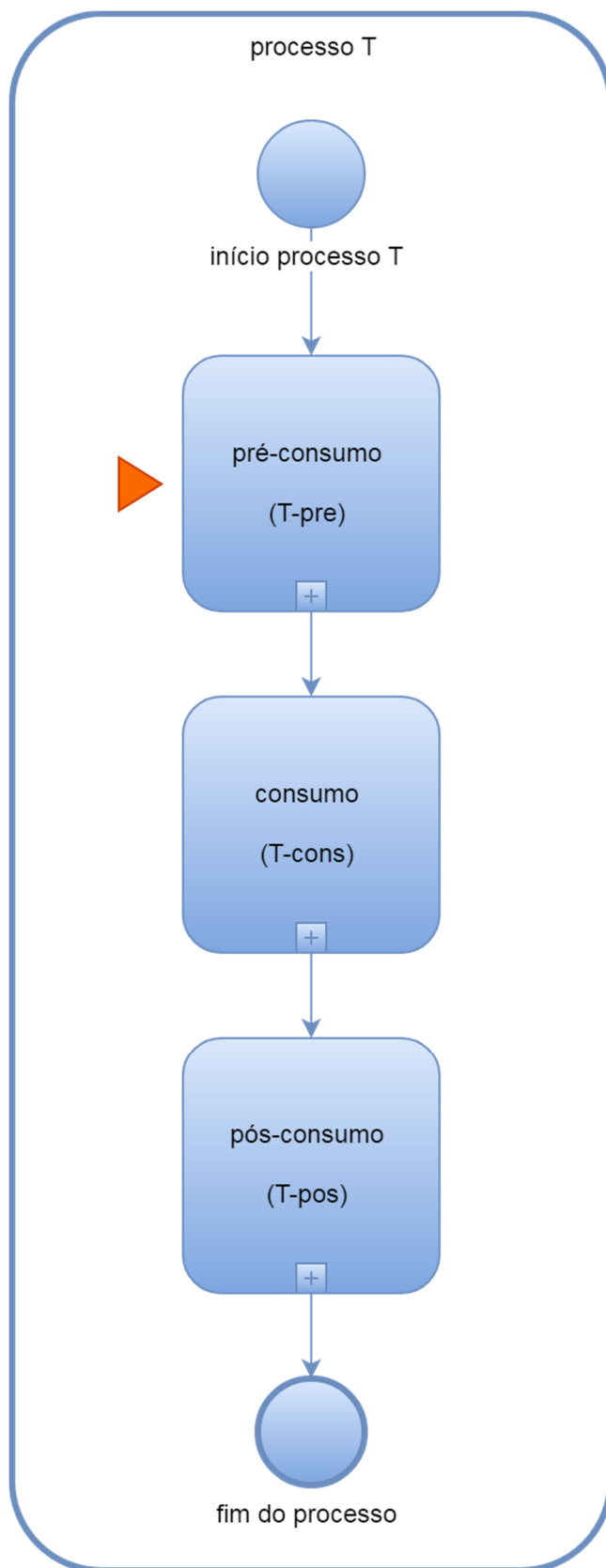
Tal qual na seção anterior, após os textos explicativos apresenta-se as figuras citadas neles que, tomadas em conjunto, contêm a representação gráfica do processo T, em cada uma das fases do ciclo de produção e consumo.

Identificou-se no ciclo dos nutrientes técnicos três fases distintas, nas quais produtos, resíduos sólidos e rejeitos são gerados, a saber: pré-consumo, consumo e pós-consumo.

Seguindo a mesma lógica empregada na explicação do processo B, inicia-se a descrição do processo T pela fase pré-consumo, onde os nutrientes técnicos são produzidos pela indústria. As entradas do sistema incluem, principalmente, recursos naturais de natureza inorgânica, insumos e energia. As saídas do sistema, após a metabolização das entradas no processo produtivo, são produtos, resíduos e rejeitos.

Esta fase está indicada com um triângulo vermelho na Figura 72. O processo identificado na fase pré-consumo foi esquematizado no fluxograma T-pre, comentado mais à frente. Em todas as figuras, os triângulos vermelhos sempre indicam que há subprocessos dentro do processo que está sendo apresentado na figura e que foram detalhados em outras figuras por meio de fluxograma específico.

Figura 72 – Indicação da fase pré-consumo no processo T.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

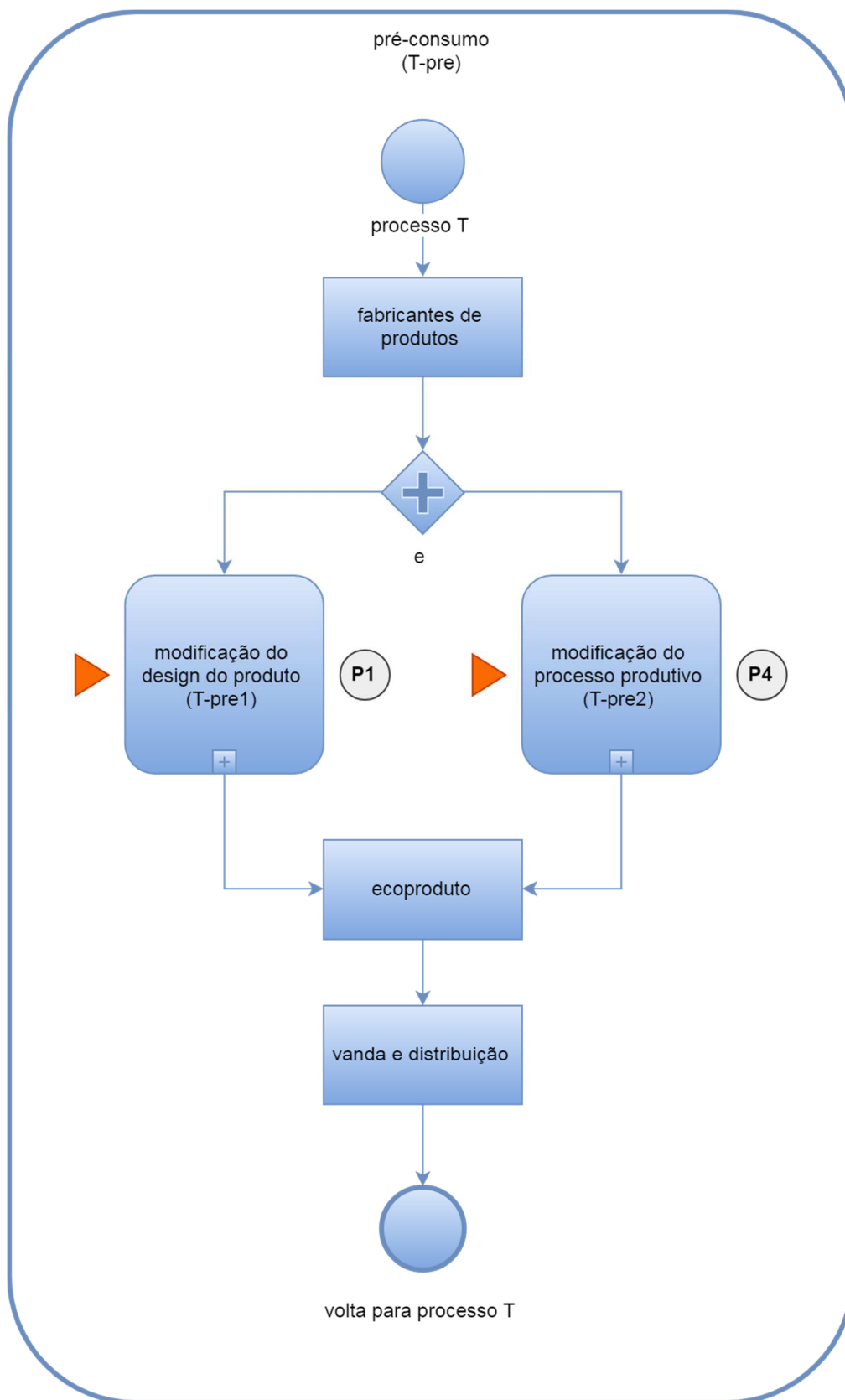
Seguindo o mesmo raciocínio adotado na descrição do ciclo biológico, a fase pré-consumo foi abordada na modelagem do processo T para estabelecer uma sequência lógica e compreensível do fluxo de nutrientes técnicos.

Assim sendo, foi elaborado um fluxograma para localizar o início do ciclo dos nutrientes técnicos (T-pre, na Figura 73).

As possibilidades de aplicação dos pressupostos da Economia Circular no ciclo dos nutrientes técnicos na fase pré-consumo, são muito maiores que na mesma fase do ciclo dos nutrientes biológicos. É neste ciclo que são gerados os resíduos que não se degradam rapidamente, porque não se constituem de materiais biodegradáveis e, por esta razão, contribuem sobremaneira para a formação das deposições de resíduos sólidos e rejeitos das mais variadas dimensões, em diferentes locais do planeta.

Nesta fase é imprescindível que haja tanto a modificação do design do produto (subprocesso T-pre1), quanto dos processos produtivos (subprocesso T-pre2), ambos apontados na Figura 73 por triângulos vermelhos. Ressalta-se que a primeira intervenção citada é a mais importante.

Figura 73 – Fluxograma T-pre: detalhamento da fase pré-consumo no processo T.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O design de produtos determina o processo produtivo. É no ambiente de projeto, na mente e na prancheta do designer, que são concebidos os produtos. Decisões de projeto implicarão na escolha de materiais a serem empregados na fabricação do produto; na sua montagem relativamente ao encaixe e ao funcionamento de peças e componentes; e no desenho do próprio processo produtivo. Este é o momento “berço” do produto que, ao sair da indústria, irá percorrer um ciclo de vida até encontrar o momento “túmulo”. Portanto, a Economia Circular só será plenamente implantada e consolidada quando o berço dos produtos for totalmente baseado em seus pressupostos, de modo que o túmulo seja um novo berço.

A partir das contribuições dos autores apontados na seção 4.2.1, elaborou-se o Quadro 16, que lista tópicos importantes a serem considerados na modificação do design do produto, proposta no fluxograma T-pre1 (Figura 74).

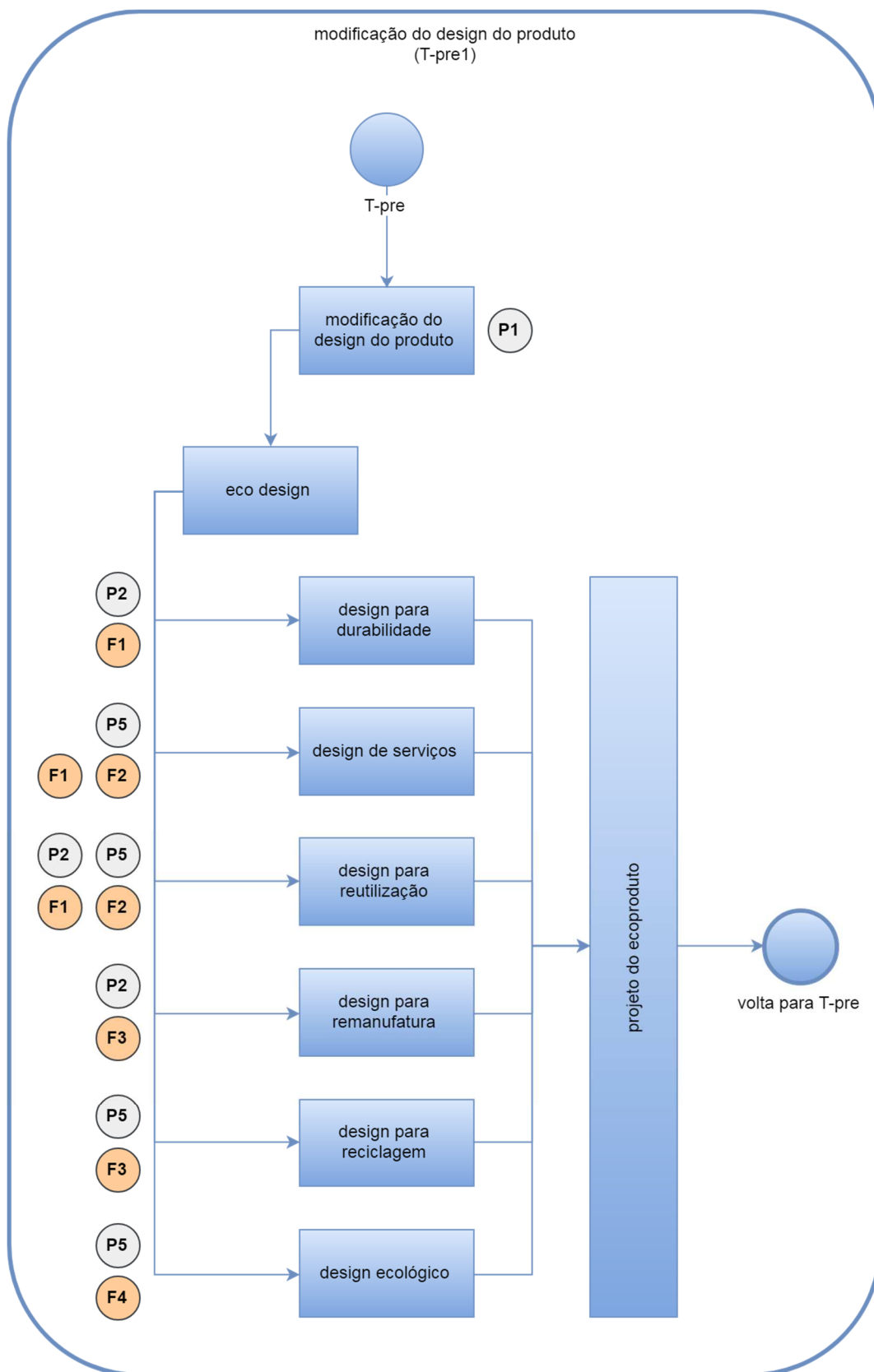
Quadro 16 – Estratégias de design para promover a Economia Circular.

Estratégia	Tópicos
Design para durabilidade	<ul style="list-style-type: none"> – fomentar a relação usuário-produto; – produzir produtos resistentes, fáceis de manter e reparar; – modular para permitir atualização e adaptação de peças e componentes; – projetar produtos fáceis de montar-desmontar-montar.
Design de serviços	<ul style="list-style-type: none"> – desenvolver serviços de manutenção, reparação, reutilização e logística reversa para prolongar a vida útil dos produtos.
Design para a reutilização	<ul style="list-style-type: none"> – possibilitar a desmontagem de produtos para a manutenção (limpeza, revisão e reparo).
Design para a remanufatura	<ul style="list-style-type: none"> – possibilitar a desmontagem de produtos para a reutilização de peças e componentes como blocos de construção de novos produtos.
Design para a reciclagem	<ul style="list-style-type: none"> – desenvolver produtos cujo material possa ser reciclado de forma contínua e segura para a produção de novos materiais e produtos.
Design ecológico	<ul style="list-style-type: none"> – empregar materiais de baixo impacto ambiental: menos poluentes, não tóxicos, oriundos de produção sustentável; – substituir matérias-primas primárias por secundárias ou recicladas; – optar por materiais que demandam menos energia na fabricação.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Correlacionando os fundamentos do Ecodesign aos pressupostos da Economia circular, identifica-se na fase pré-consumo todos os seus princípios (P1, P2, P3, P4 e P5) e todas as suas fontes de criação de valor (F1, F2, F3 e F4), denotando a importância de atuar primordialmente no design de produtos. Esta é a forma mais inteligente de eliminar resíduos sólidos e rejeitos no sistema. Caso contrário, sempre haverá a necessidade de atuar na gestão e no gerenciamento deles.

Figura 74 – Fluxograma T-pre1: proposições para modificação do design do produto.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

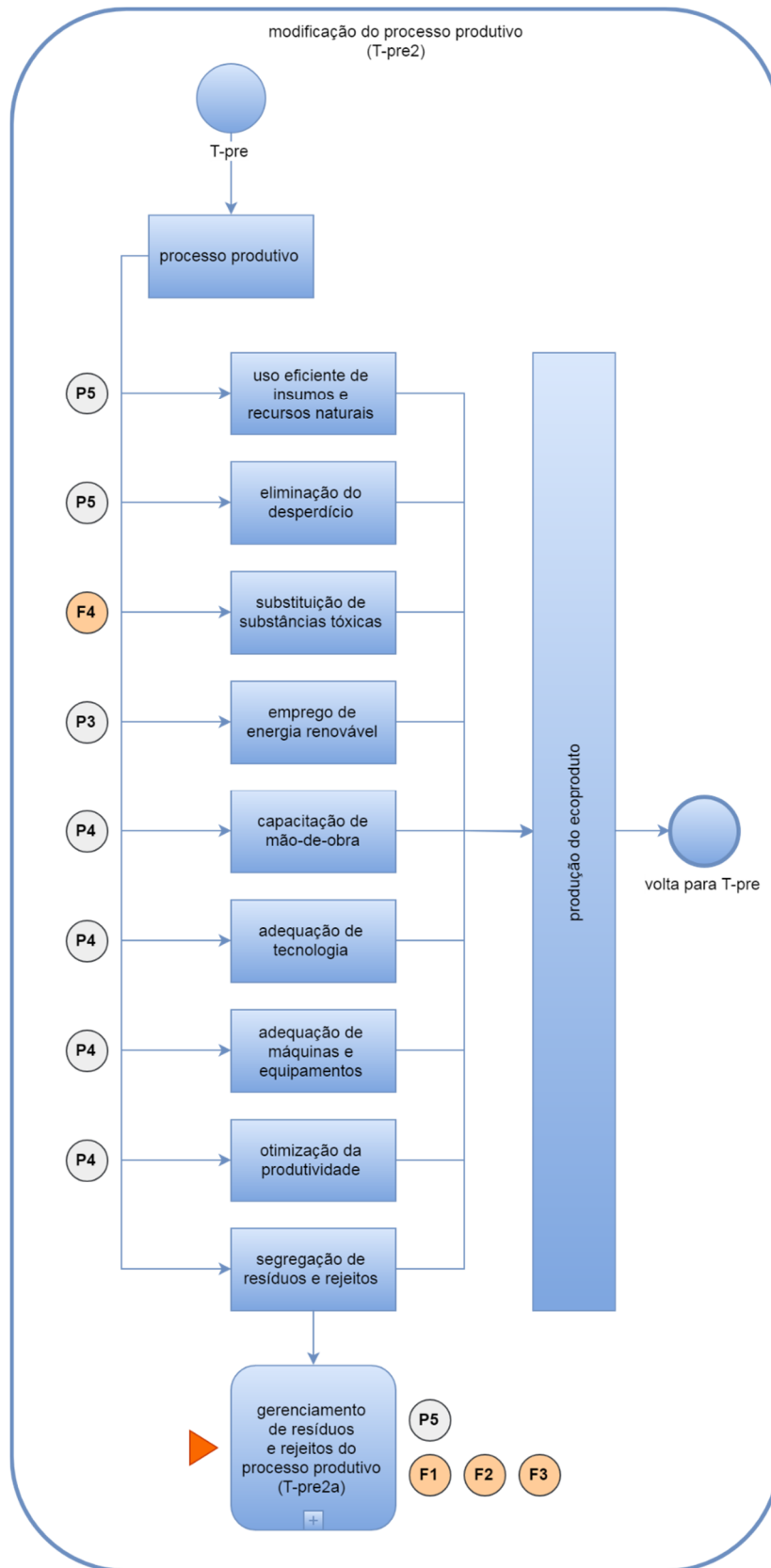
Conforme comentado, a modificação no design do produto implicará em modificações no processo produtivo. Paralelamente, existe conhecimento acumulado capaz de subsidiar alterações nos processos produtivos, como por exemplo, o conceito de Produção mais Limpa (P+L), que se aplica a processos, produtos e serviços.

Na P+L predominam a visão preventiva e as ações proativas. A ideia central é eliminar os aspectos ambientais, a saber: a geração de emissões atmosféricas, de efluentes e de resíduos sólidos, durante o processo produtivo e não no seu final. Na P+L, observa-se o processo produtivo para descobrir onde os aspectos estão localizados, por que estão ocorrendo e o que pode ser feito para, preferencialmente, eliminá-los. Na impossibilidade de eliminar os aspectos, tenta-se reduzir o seu potencial de causar impactos negativos. Desta forma, as tecnologias de fim de tubo (*end of pipe*) são empregadas somente para mitigar, através de medidas de tratamento e controle, aquilo que não pode ser evitado (PEREIRA e SANT'ANNA, 2018). Com base no conceito P+L, foi elaborado o fluxograma T-pre2 (Figura 75).

Entretanto, por mais que se modifique o design e o processo produtivo dos produtos, ainda haverá resíduos sólidos e rejeitos a serem gerenciados na fase pré-consumo. Portanto, é preciso segregar, coletar e destinar corretamente estes resíduos e para tanto haverá um subprocesso (fluxograma T-pre2a, na Figura 76). Neste, a fração inorgânica dos resíduos sólidos pode ser reintegrada ao processo produtivo primário, ou seja, o mesmo que a gerou, o que seria realizar a reciclagem interna. Ou ainda, ser destinado a processos produtivos paralelos, o que se refere à reciclagem externa.

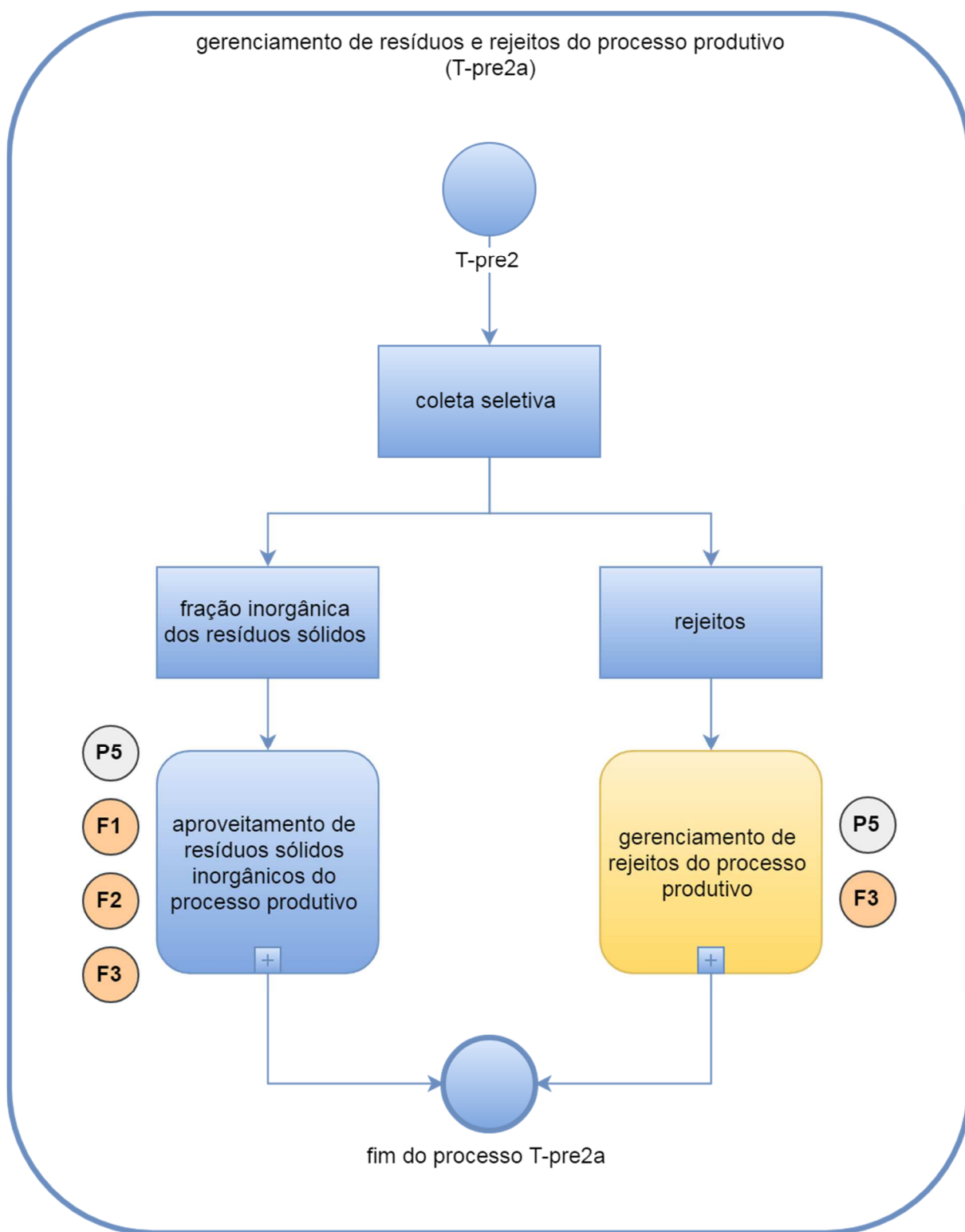
Se as atividades propostas forem atendidas, tanto para a modificação do design do produto (fluxograma T-pre1), quanto dos processos produtivos (fluxograma T-pre2), obtém-se um ecoproduto compatível com os pressupostos da Economia Circular em um período de transição.

Figura 75 – Fluxograma T-pre2: proposições para modificação do processo produtivo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

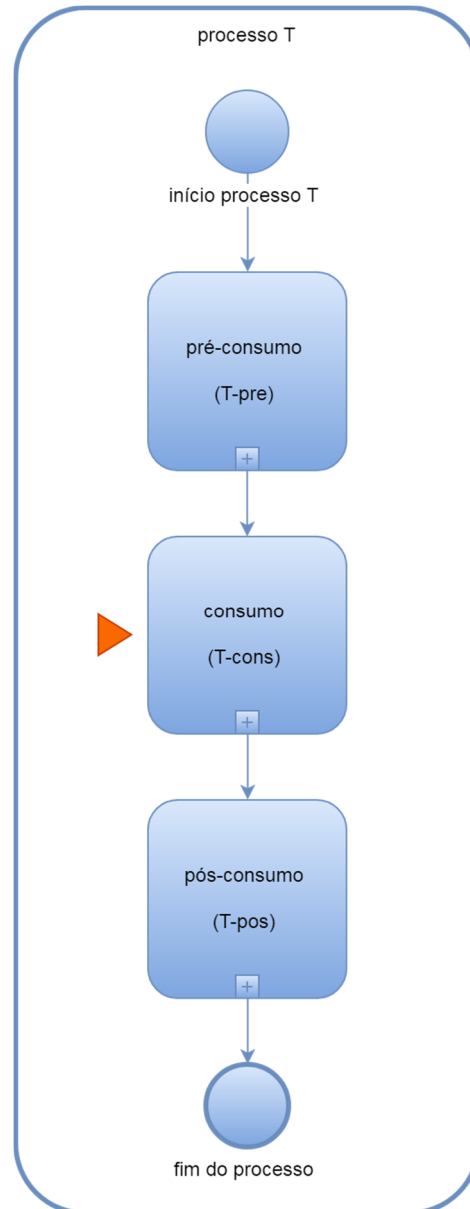
Figura 76 – Fluxograma T-pre2a: gerenciamento de resíduos sólidos inorgânicos do processo produtivo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A fase de consumo no ciclo dos nutrientes técnicos, diferentemente do ciclo biológico, constitui um processo no modelo porque há produtos passíveis de reutilização circulando no sistema. Esta fase está indicada na Figura 77 por um triângulo vermelho.

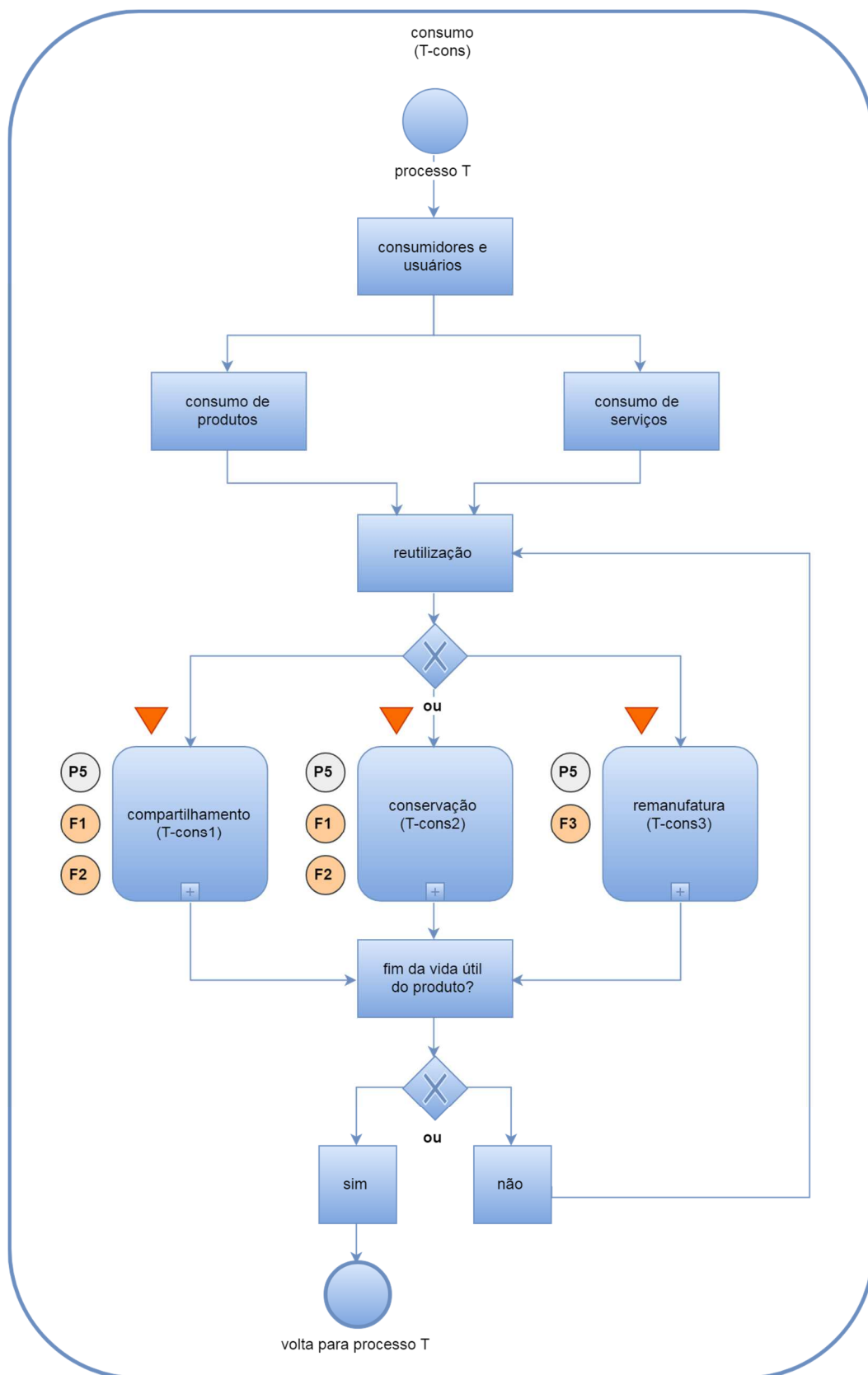
Figura 77 – Indicação da fase de consumo no processo T.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Os produtos, quando projetados para a reutilização, podem ser consumidos mais de uma vez e por mais de um usuário. Somente quando as possibilidades de reutilização chegarem ao fim os produtos se tornarão resíduos e passarão para a fase pós-consumo. Na figura 78 estão indicadas com um triângulo vermelho as três possibilidades de promover a reutilização: o compartilhamento (subprocesso T-cons1), a conservação (subprocesso T-cons2) e a remanufatura (subprocesso T-cons3).

Figura 78 – Fluxograma T-cons: detalhamento da fase de consumo no processo T.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O compartilhamento, esquematizado na Figura 79 (fluxograma T-cons1), baseia-se na oferta de serviços voltados para a satisfação das expectativas dos usuários, com ênfase no uso e não na posse. De acordo com os pressupostos da Economia Circular, o compartilhamento está relacionado à fonte de criação de valor F1 (poder do círculo interno).

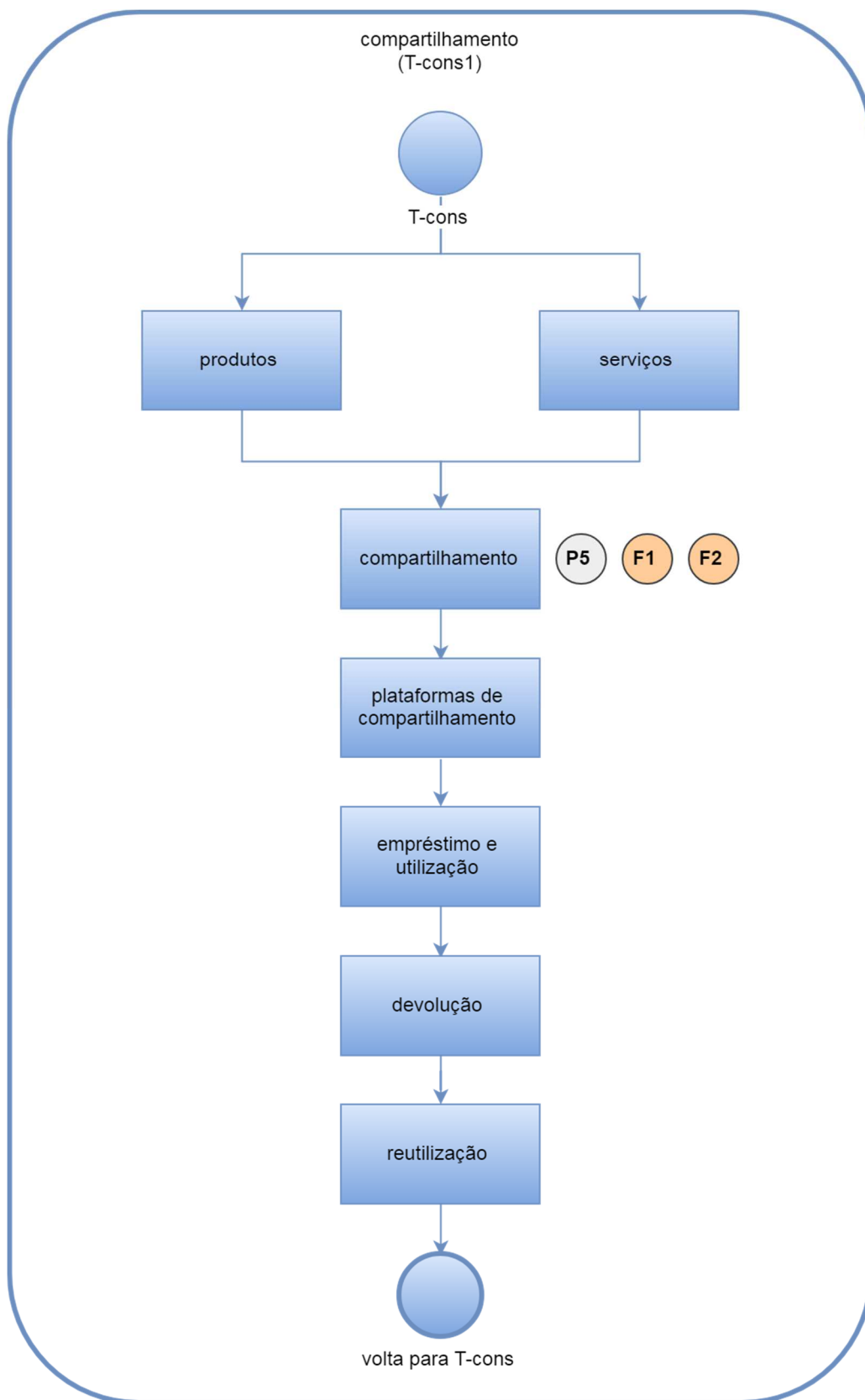
Uma nova mentalidade está se formando, principalmente entre as novas gerações. Há um entendimento de que é melhor usufruir do benefício que um determinado bem pode proporcionar, do que possuir este mesmo bem.

Paralelamente, ocorre o desenvolvimento de sistemas de comunicação, de processamento de informações, de meios de pagamento, bem como a disseminação de equipamentos, como os telefones celulares com tecnologias avançadas (*smartphones*), que permitem a utilização destes sistemas. Ambos, sistemas e equipamentos, favorecem a organização das pessoas em redes ou comunidades, geralmente intermediadas por plataformas que conectam pares em um ambiente virtual.

A associação entre o fator cultural e o tecnológico, permite que as pessoas usufruam de benefícios sem que haja a necessidade de empregar muito capital.

São exemplos da Economia de Compartilhamento: a utilização de um serviço de lavanderia automática, ao invés da posse de uma lavadora doméstica; as locações de curto prazo de máquinas, equipamentos, veículos e imóveis; e a prestação de serviços onde o cliente só está interessado no resultado, ou na tecnologia que propicia este resultado, e não no produto em si.

Figura 79 – Fluxograma T-cons1: reutilização de produtos por compartilhamento na fase de consumo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A segunda possibilidade de promover a reutilização está relacionada às estratégias de conservação, que também dizem respeito à fonte de criação de valor F1 (poder do círculo interno).

A conservação, esquematizada na Figura 80 (fluxograma T-cons2), pode ser alcançada através de atividades artesanais, de manutenção e da comercialização de produtos usados. Se os produtos forem projetados para a reutilização, com base nas estratégias de design apontadas no Quadro 16, mais tempo permanecerão em circulação nesta fase do ciclo dos nutrientes técnicos, porque permitirão a realização destas atividades citadas.

As atividades artesanais se aplicam a produtos que ainda não foram projetados para a reutilização e envolvem a customização e a ressignificação de produtos.

Customizar é adaptar ou adequar um produto de acordo com o gosto ou necessidade do usuário ou consumidor, a fim de atender assertivamente suas expectativas. Desta forma um produto pode ser transformado em algo novo e único.

Salienta-se que a customização pode ser empregada também nos processos produtivos, quando o projeto do produto se baseia em design para durabilidade e design para a reutilização. Até bem pouco tempo, as empresas utilizavam somente a estratégia de produção massiva e sequencial de um mesmo produto, visando a comercialização de grandes volumes. Entretanto, o consumidor atual deseja personalizar o produto que está comprando de acordo com suas preferências. Neste caso, o usuário ou consumidor define na loja física ou virtual de uma marca as características específicas do produto a ser adquirido, de acordo com as suas necessidades. O pedido será recebido e processado em um sistema, que enviará as informações ao setor de produção que, por sua vez, foi previamente configurado, automatizado e preparado para montar o produto de acordo com as customizações solicitadas pelo cliente.

Ainda, como parte das atividades artesanais, é possível ressignificar um objeto, ou seja, alterar a sua função e incluí-lo em outra. Um objeto ressignificado ganha status de luxo, pois, são únicos e produzidos em pequena escala. Objetos esquecidos ou considerados como lixo, podem voltar à cena com valor agregado, através da união de técnicas artesanais com elementos de design.

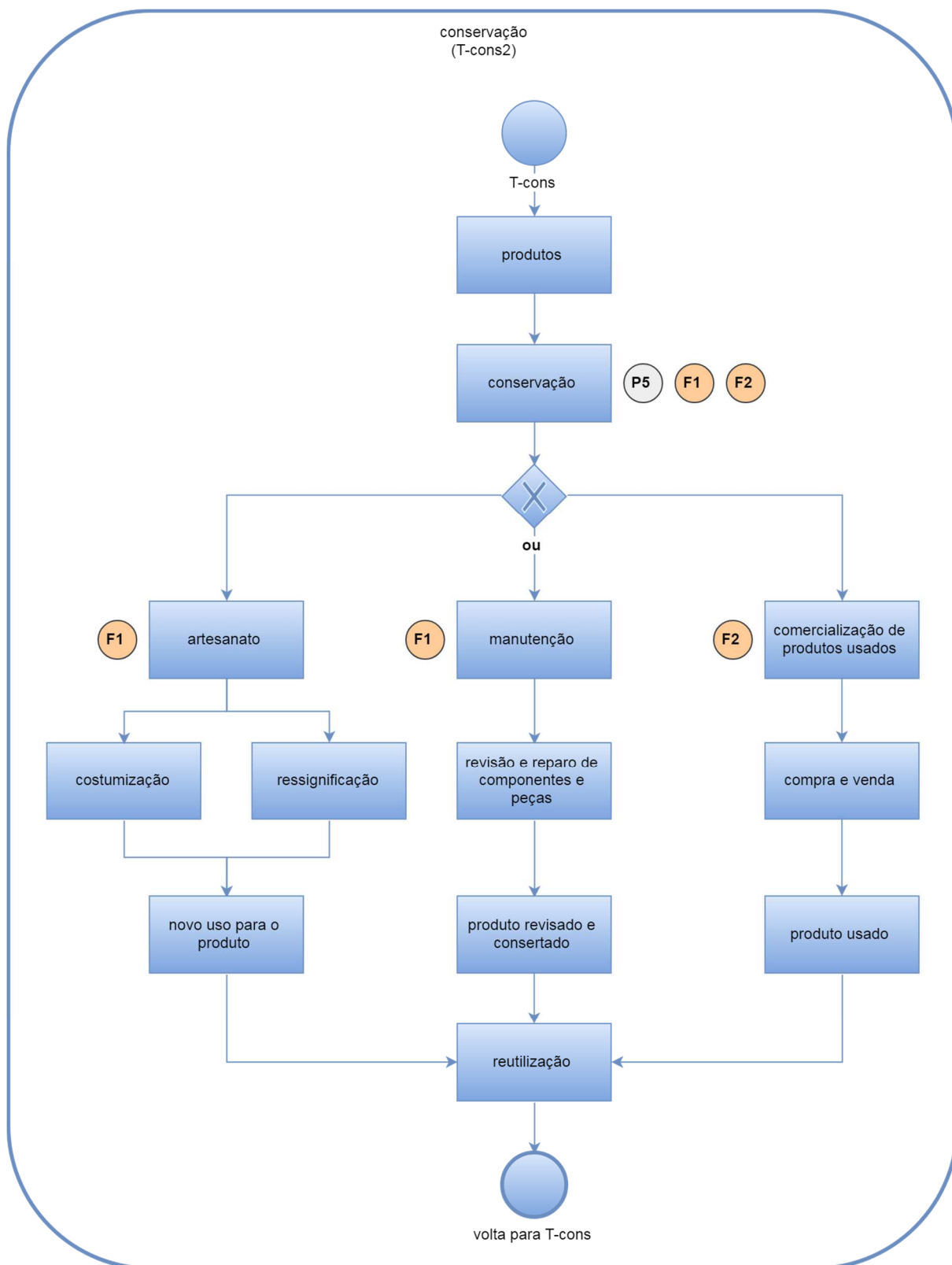
Ainda, considerando as estratégias de conservação, outra maneira bastante conhecida e difundida de promover a reutilização de produtos é a manutenção. Através de uma rede de oficinas especializadas e autorizadas se realiza a revisão e o reparo de peças e componentes de um determinado produto, prolongando assim, a sua vida útil. Entretanto, é preciso lembrar que o custo da manutenção tem que ser inferior ao custo de aquisição de um produto novo. Caso contrário, ao invés de consertar um objeto, o usuário ou consumidor vai descartá-lo, gerando

assim mais resíduos sólidos. Novamente ressalta-se a importância das estratégias de design de produtos, citadas no Quadro 16.

A última alternativa, dentre as estratégias de conservação, é a comercialização de itens usados, também bastante conhecida e usual. A novidade fica por conta do comércio eletrônico (*e-commerce*), onde consumidores podem comprar ou vender produtos usados com poucos “cliques”. Muitos dos itens anteriormente encontrados apenas em lojas físicas especializadas, tais como: veículos, eletroeletrônicos, máquinas, ferramentas, roupas e acessórios, dentre outros, podem ser encontrados em canais virtuais de venda, facilitando a busca dos consumidores por melhores opções de compra. A comercialização de itens usados proporciona a melhor oferta ao cliente que deseja gastar pouco e promove a reinserção de uma série de produtos, que ainda estão aptos ao uso, no ciclo de consumo. Este tipo de comércio facilita também a negociação de resíduos e sucatas, no caso de produtos estragados ou sem uso.

As estratégias de conservação também podem estimular o surgimento de pequenos negócios e gerar postos de trabalho, sem que haja a necessidade de mão de obra altamente qualificada.

Figura 80 – Fluxograma T-cons2: reutilização de produtos por conservação na fase de consumo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A terceira possibilidade de promover a reutilização é a remanufatura, esquematizada na Figura 81 (fluxograma T-cons3).

O processo de remanufatura consiste no retorno de produtos duráveis, porém gastos ou descartados, aos seus fabricantes, que processarão a industrialização de um novo produto.

A remanufatura é realizada dentro das instalações do fabricante original, pois ele detém o conhecimento para reconstituir peças e componentes, observando os padrões tecnológicos de produção.

O produto usado recolhido, chamado de “core”, é inspecionado, desmontado e encaminhado para o processo de remanufatura composto, em geral, pelas seguintes fases: testes, reparos, limpeza, inspeção das partes, atualização, substituição de peças e remontagem.

Há diversos termos correlatos aos produtos remanufaturados, dentre eles: reconstruído (*rebuilt*); recarregado (*recharged*); e recondicionado (*refurbished*).

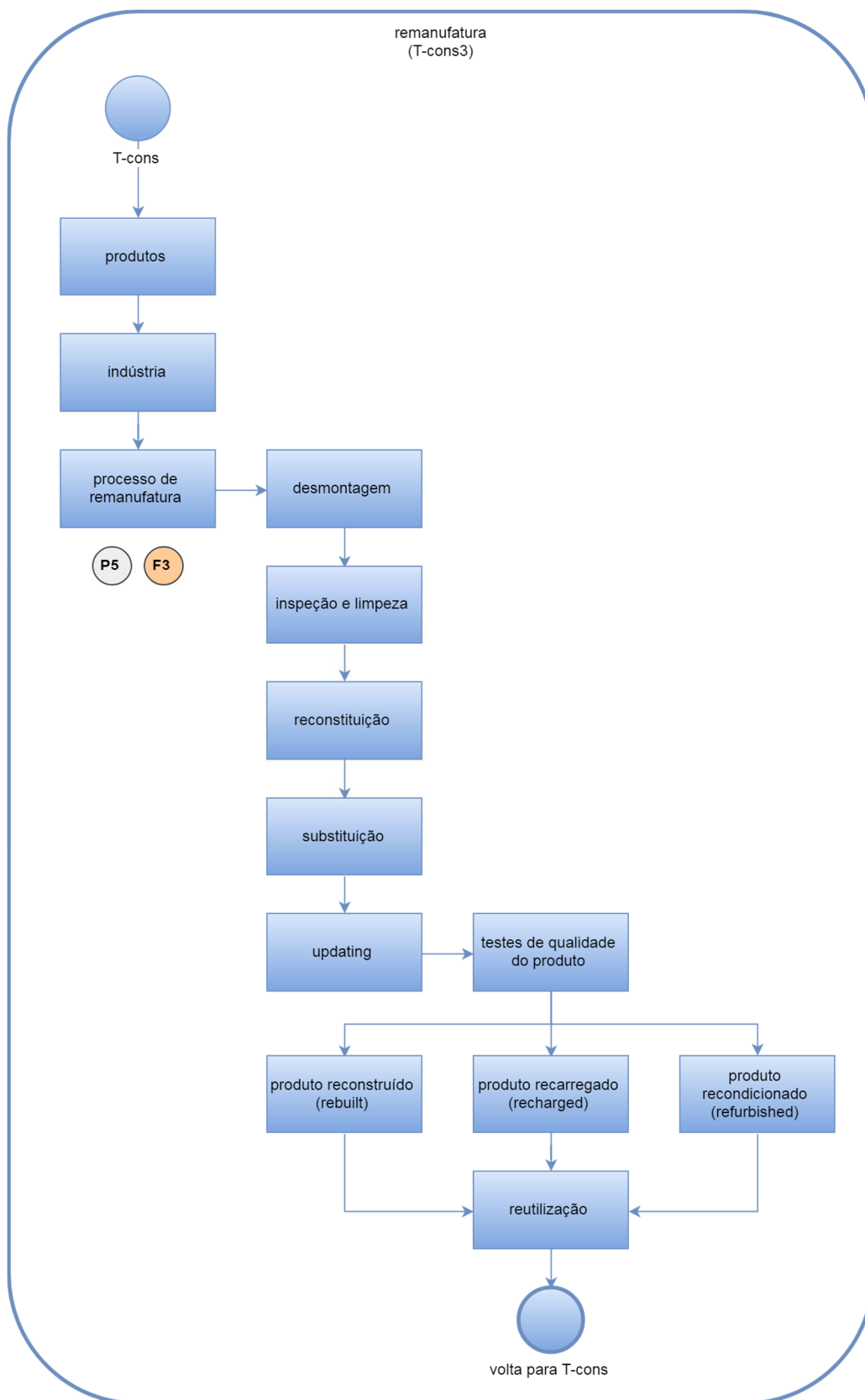
Para que os fabricantes possam fazer a remanufatura de seus produtos duas condições são necessárias: (I) o design dos produtos deve permitir a desmontagem e a separação de suas peças e componentes; e (II) é preciso que os produtos usados retornem para o seu fabricante, ou seja, a logística reversa é fundamental.

Como se vê, é ao mesmo tempo um novo mundo e um velho mundo repaginado!

E, sim, tem um enorme potencial para evitar a geração de resíduos sólidos e gerar postos de trabalho, principalmente se os produtos forem projetados e fabricados com base nas estratégias de design de produtos para a promoção da Economia Circular.

Ainda, considerando que a atividade econômica ocorrerá cada vez mais na escala urbana, ressalta-se a importância de constituir redes nas cidades e de conectar cidades em redes, com o objetivo de possibilitar e promover o fluxo direto e o reverso de materiais e produtos.

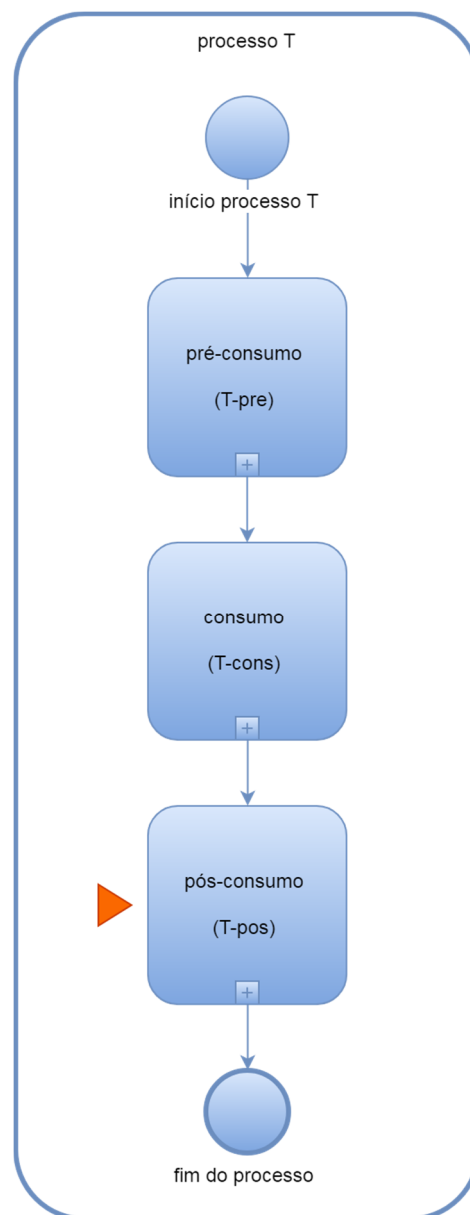
Figura 81 – Fluxograma T-cons3: reutilização de produtos por remanufatura na fase de consumo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A terceira fase do ciclo de nutrientes técnicos ocorre após o consumo e o fim da vida útil de produtos inorgânicos. Nela se originam tanto os resíduos sólidos que podem ser aproveitados, quanto os rejeitos que deverão ser gerenciados no âmbito municipal. A fase pós-consumo no ciclo dos nutrientes técnicos constitui um processo no Modelo de Transição. Está diretamente relacionada à delimitação do objeto de estudo neste trabalho, visto que os RSU são predominantemente gerados nela. Esta fase está indicada na Figura 82 por um triângulo vermelho.

Figura 82 – Indicação da fase pós-consumo no processo T.

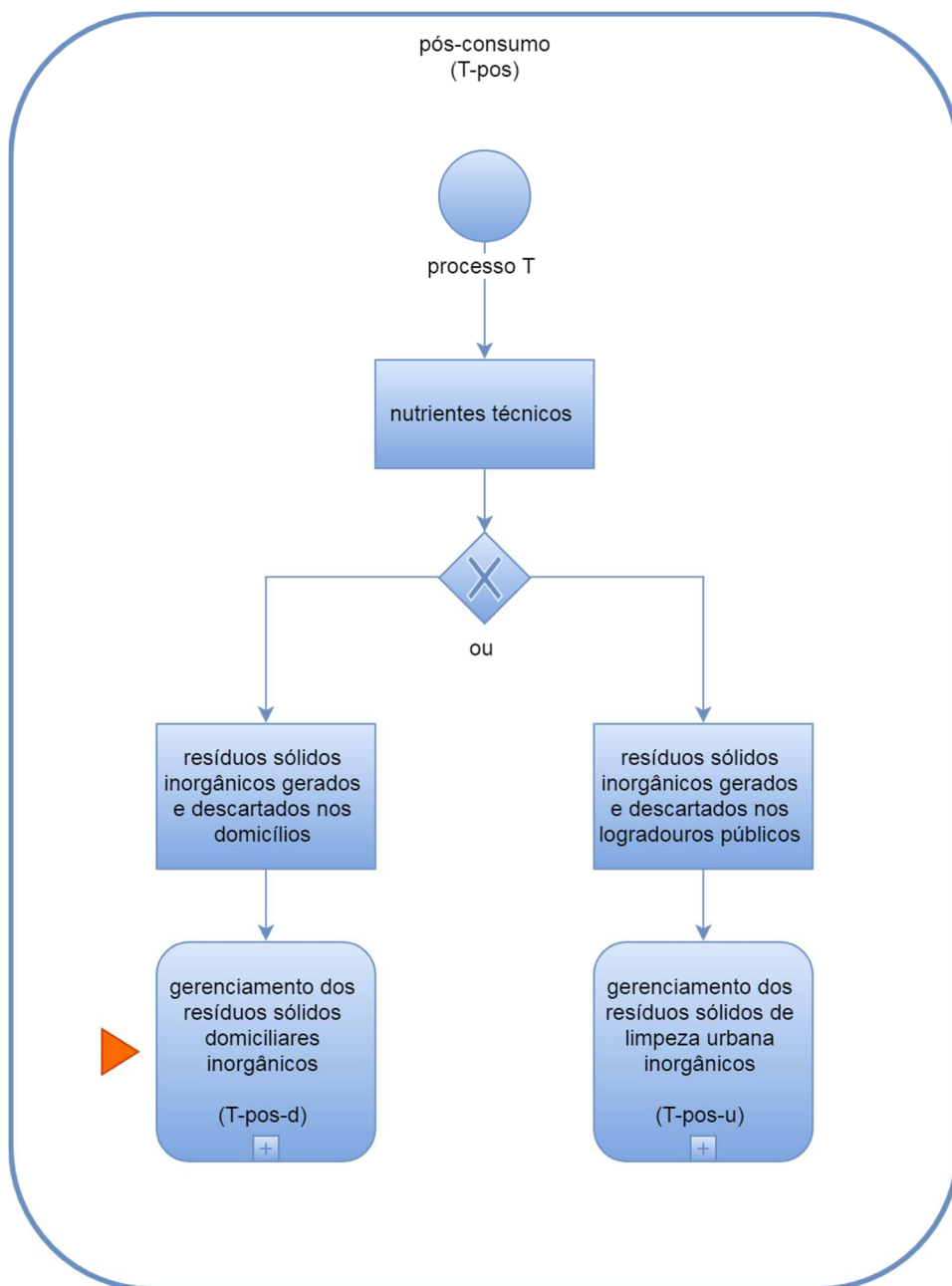


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Tal qual foi feito para o ciclo dos nutrientes biológicos e pelas mesmas razões lá expostas, aqui também foi necessário decompor o fluxo em dois subfluxos: o dos resíduos sólidos inorgânicos gerados e descartados nos domicílios e outro dos resíduos sólidos inorgânicos gerados e descartados nos logradouros públicos.

Esta decomposição do fluxo gerou dois subprocessos: o de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (T-pos-d); e o de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (T-pos-u) (Figura 83).

Figura 83 – Fluxograma T-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo T (subfluxo T-pos-d).



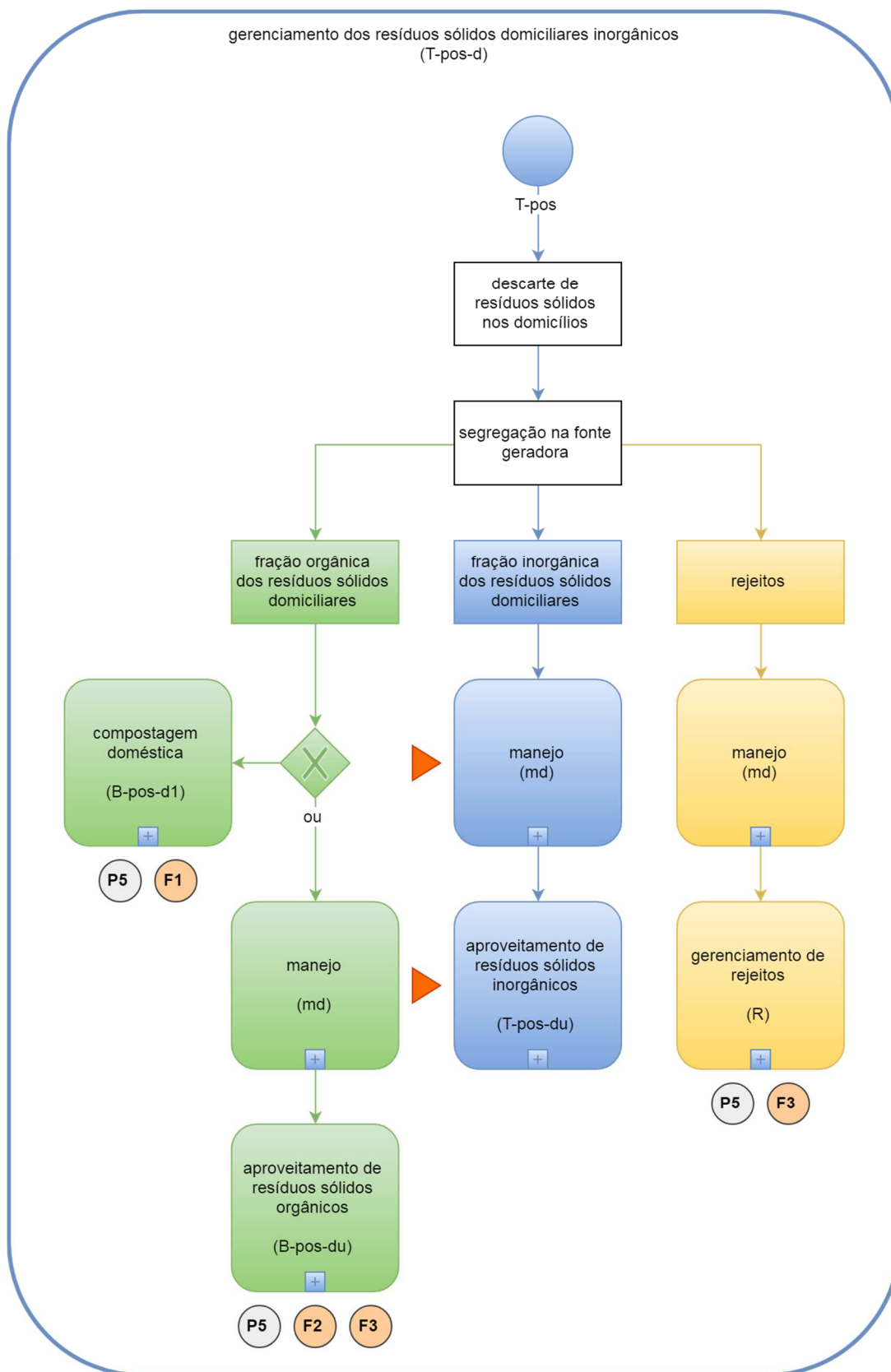
O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos, representado no fluxograma T-pos-d (Figura 84), refere-se ao fluxo constituído basicamente pelo descarte de materiais e objetos em fim de vida útil em residências.

Este subprocesso se inicia pela segregação e requer manejo interno e externo adequado para possibilitar o aproveitamento dos resíduos sólidos inorgânicos (subprocesso md, na Figura 85).

É preciso destacar a importância da coleta seletiva. Ela pode ser realizada por diferentes atores. Para tanto, o município precisa, dentre outras ações, regulamentar a atuação dos entes públicos, privados e cooperados.

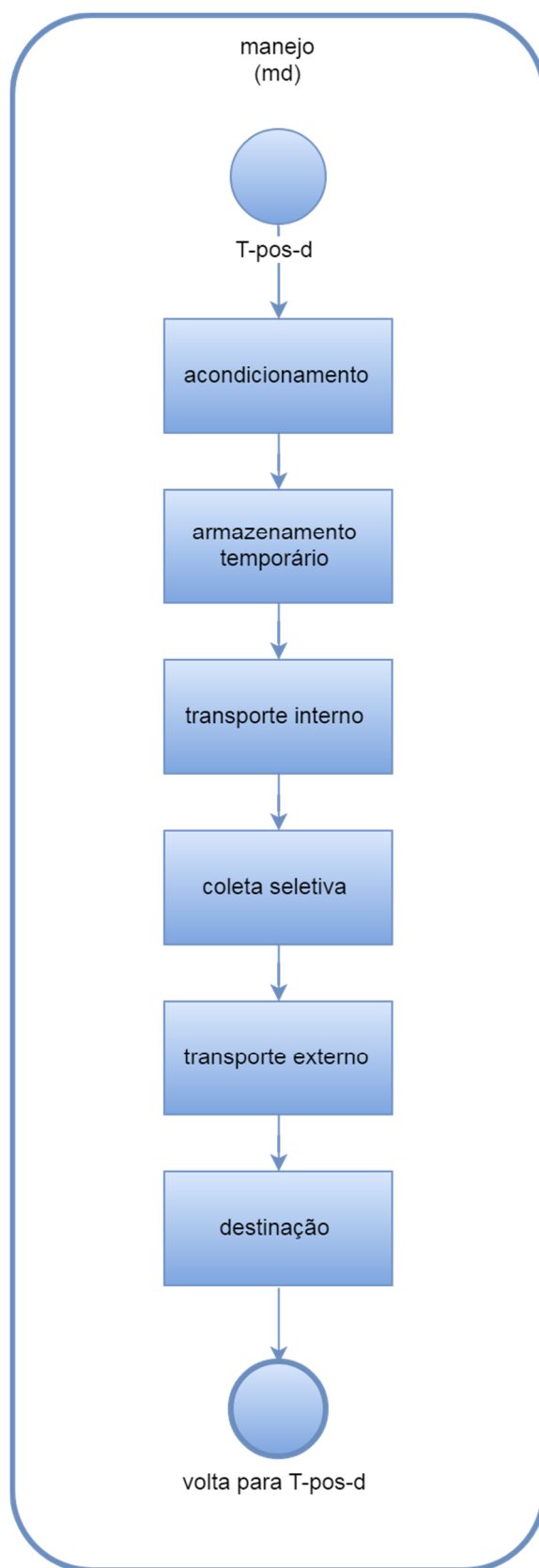
Se a fração inorgânica dos resíduos sólidos domiciliares foi prévia e satisfatoriamente segregada dos demais resíduos e rejeitos no momento do descarte e manejada adequadamente, será encaminhada para os processos de aproveitamento (subprocesso T-pos-du, indicado com um triângulo vermelho, na Figura 84).

Figura 84 – Fluxograma T-pos-d: gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

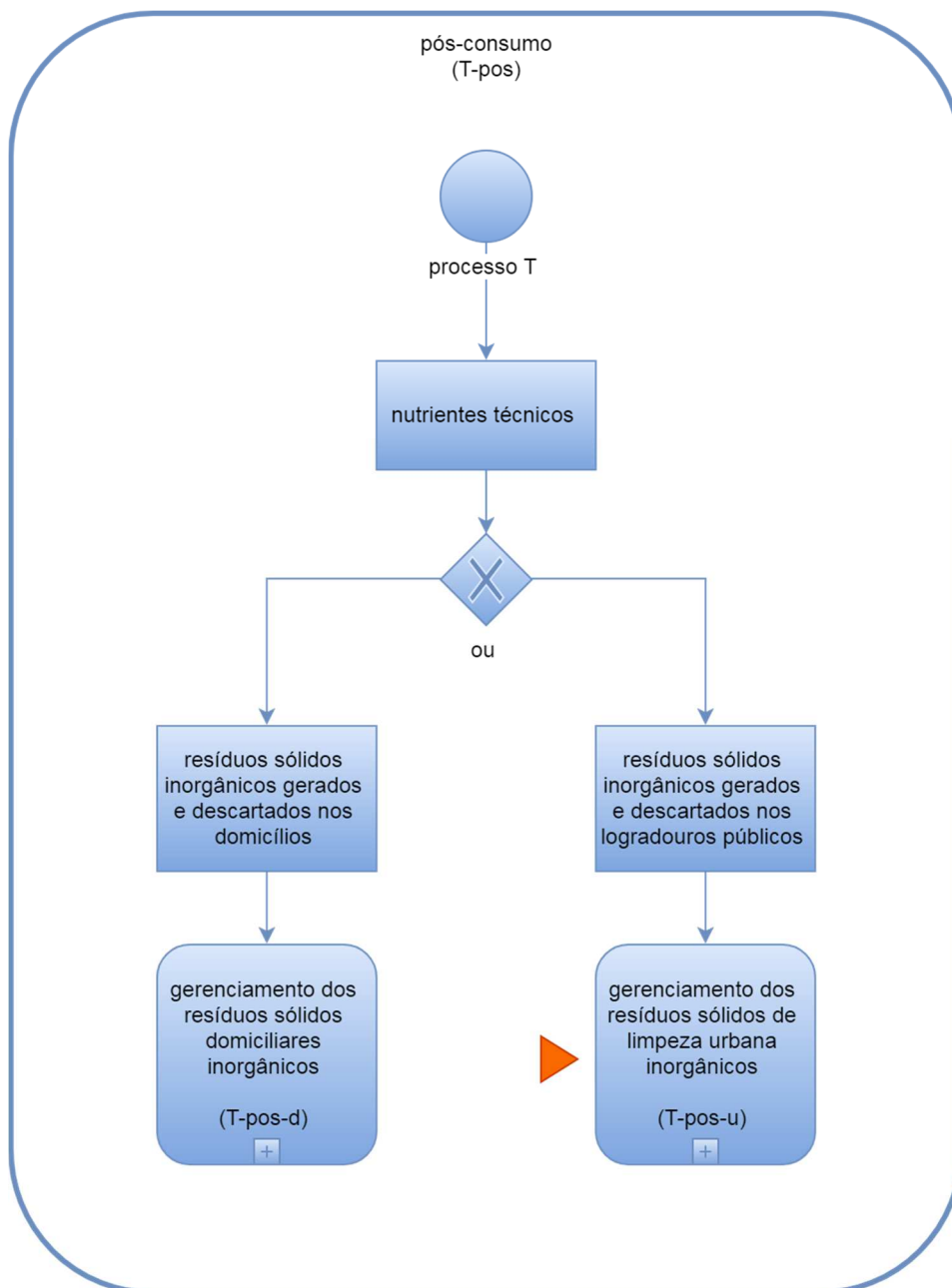
Figura 85 – Fluxograma md: manejo de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Retornando ao fluxograma T-pos, no ponto onde o fluxo de RSU foi decomposto, à direita encontra-se o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (subprocesso T-pos-u, na Figura 86).

Figura 86 – Fluxograma T-pos: detalhamento da fase pós-consumo no processo T (subfluxo T-pos-u).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Este processo refere-se ao fluxo constituído basicamente pelo descarte de materiais e objetos em fim de vida útil em logradouros públicos, cuja responsabilidade recai sobre a municipalidade, de acordo com a PNRS (BRASIL, 2010a). São exemplos de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos: parte daqueles resultantes dos serviços de varrição das vias públicas; da limpeza de galerias, córregos e terrenos públicos; da limpeza de feiras livres; da coleta de móveis e eletrodomésticos inservíveis descartados pela população.

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (fluxograma T-pos-u, na Figura 87), como o anterior, também se inicia pela segregação seguida do manejo, quando os resíduos são acondicionados para transporte e transbordo nos locais onde serão processados, em organizações públicas ou privadas, cujo foco é o aproveitamento de resíduos (fluxograma mu, na Figura 88).

Como nos demais processos descritos, a segregação prévia e satisfatória, bem como a coleta seletiva, são fundamentais para o aproveitamento dos resíduos inorgânicos de limpeza urbana. Portanto, a mesma observação feita anteriormente para o gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos é válida também para o gerenciamento dos inorgânicos: é preciso que haja a colaboração da população no sentido de separar os resíduos sólidos e depositá-los em locais adequados.

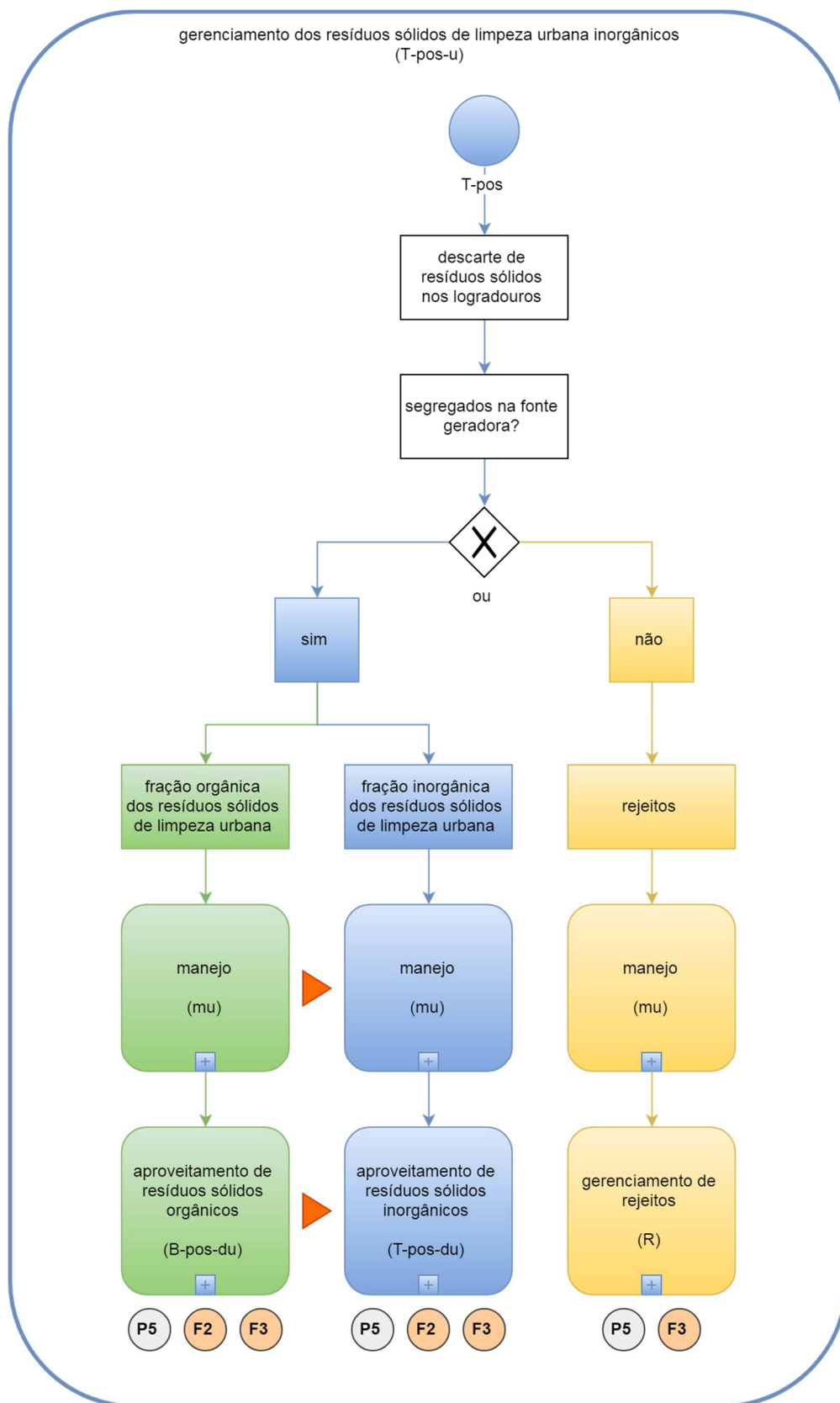
No que lhe concerne, a administração pública tem que disponibilizar uma estrutura física, composta de locais e equipamentos urbanos, para que o munícipe realize o descarte corretamente. É necessário, ainda, estabelecer rotinas operacionais baseadas na segregação e na coleta seletiva de resíduos sólidos, assim como campanhas de Educação Ambiental e o estabelecimento de mecanismos de incentivo, punição, fiscalização e controle.

Vencida a barreira cultural, havendo instalações adequadas e sendo bem sucedidas as rotinas operacionais estabelecidas para a execução dos serviços, os resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos podem ter como destinação final o aproveitamento.

A possibilidade de aproveitamento é a mesma descrita anteriormente para os resíduos sólidos domiciliares inorgânicos.

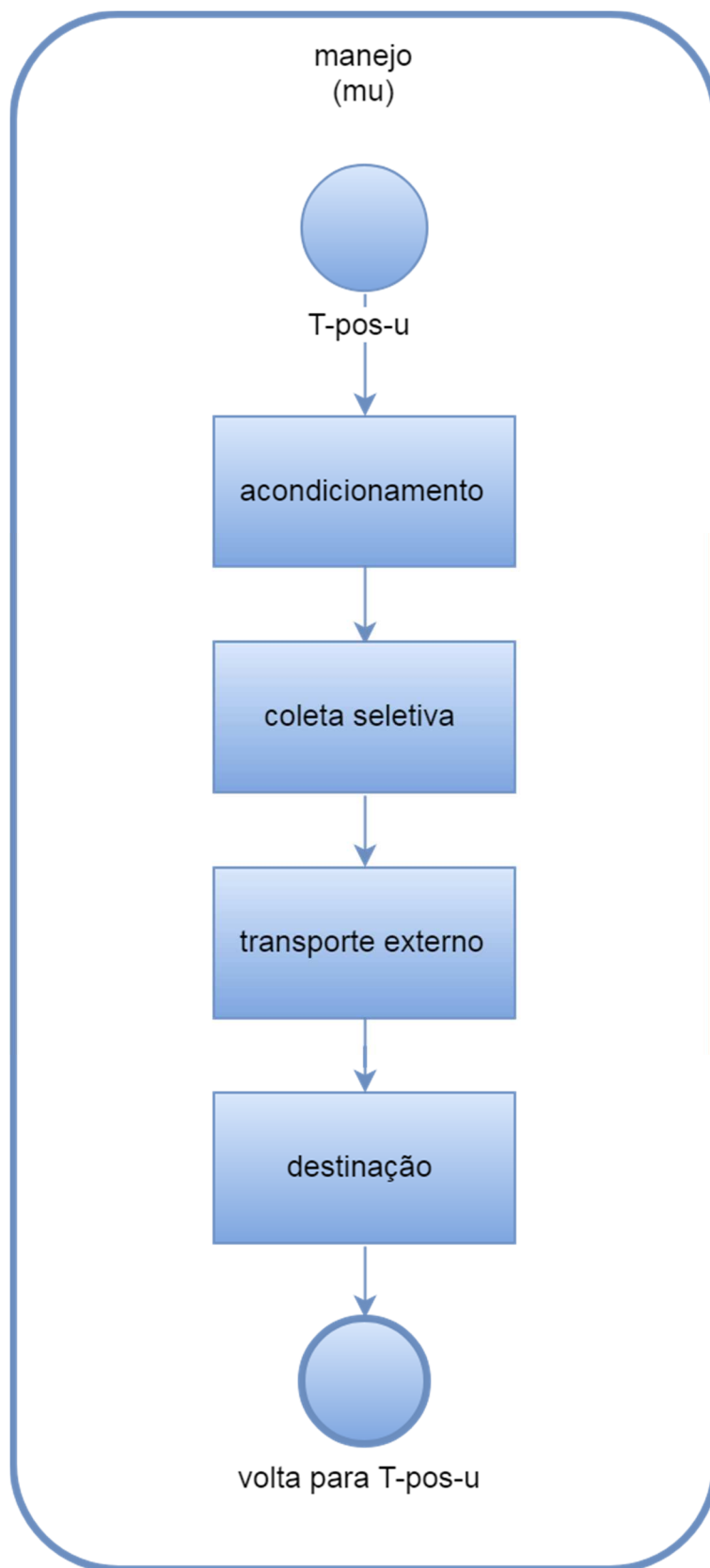
Assim sendo, neste ponto do processo T, os subfluxos se juntam e formam o fluxo dos RSU Inorgânicos, que passará a ser gerenciado no subprocesso T-pos-du, apontado por um triângulo vermelho na Figura 87.

Figura 87 – Fluxograma T-pos-u: gerenciamento de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 88 – Fluxograma mu: manejo de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O RSU inorgânico será encaminhado para uma unidade de triagem, que pode ser pública, privada, sociedade cooperativa ou de outra natureza prevista em lei. Na unidade de triagem o RSU inorgânico será separado, classificado, acondicionado de acordo com suas características e encaminhado a um operador logístico, quem fará o transporte e a distribuição dos materiais para as indústrias recicladoras (fluxograma T-pos-du, na Figura 89).

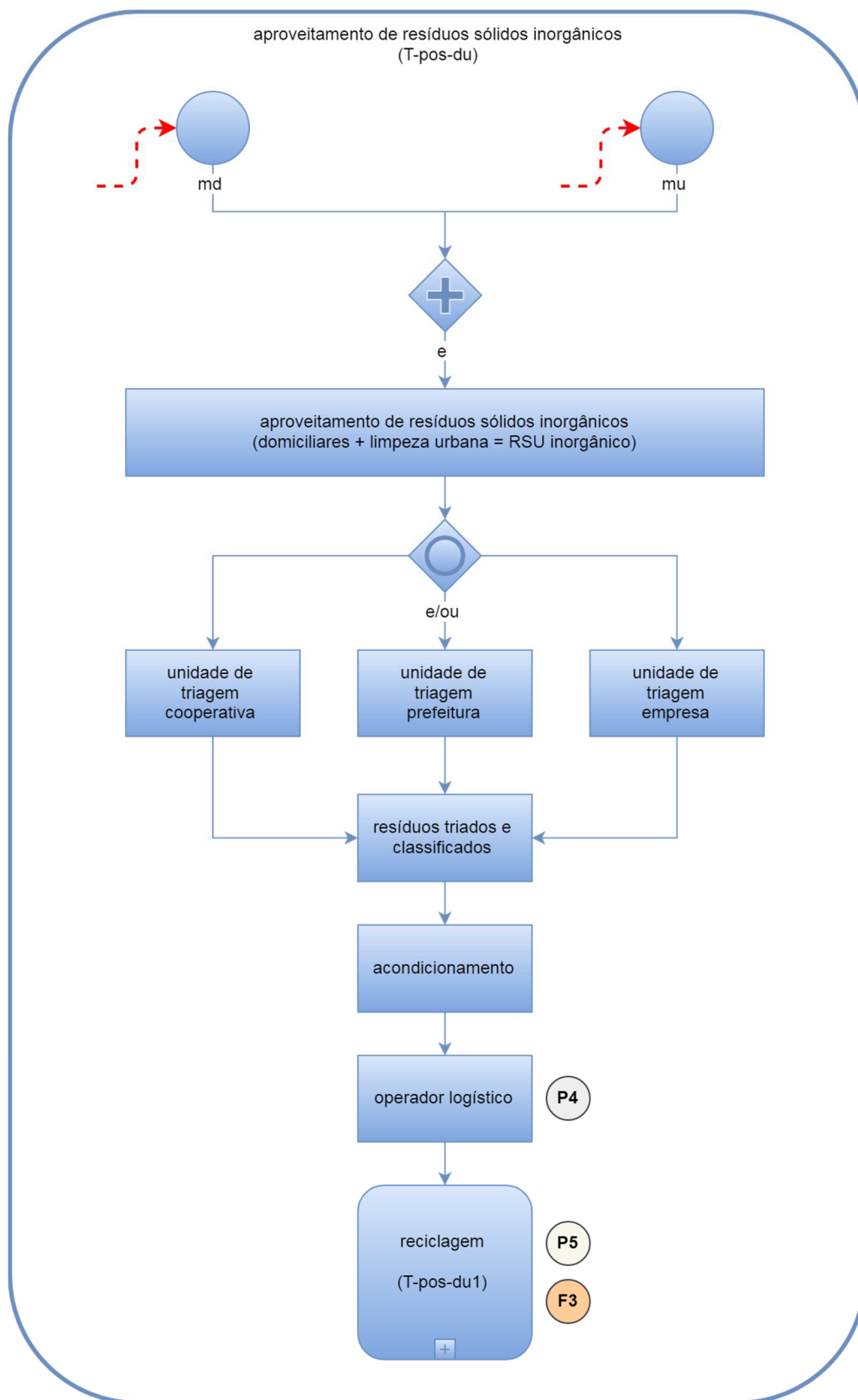
O operador logístico é um elo imprescindível na cadeia reversa. Ele deve localizar-se em um ponto equidistante em relação às unidades de triagem, o que pode diminuir o tempo empregado nos deslocamentos, o consumo de combustíveis e, por conseguinte, o preço do frete. Precisa também ser servido por malha viária para realizar eficientemente a logística reversa dos resíduos.

A localização do operador logístico dependerá da relação espacial e de negócios estabelecida com as indústrias e polos recicladores. O operador logístico pode ser constituído de uma unidade central de grande porte, ou por uma rede de unidades menores conectadas e distribuídas estrategicamente em uma determinada região geográfica. O seu dimensionamento dependerá do volume de resíduos sólidos a ser manejado e comercializado.

Preferencialmente, o operador logístico deve adotar sistemas e aplicações voltados para o controle operacional e para a comercialização de resíduos sólidos. Por exemplo: sistemas *online* para gerenciar a oferta e a procura; ou algo mais complexo, como: as plataformas de negócios em logística reversa, gestão e comercialização de resíduos sólidos. Estas plataformas têm os seguintes objetivos: promover melhorias na gestão de resíduos sólidos e a redução dos riscos associados; gerar receitas através da comercialização de sobras, resíduos sólidos recicláveis e subprodutos; agregar valor ambiental, econômico, social e institucional; e promover oportunidades de negócios.

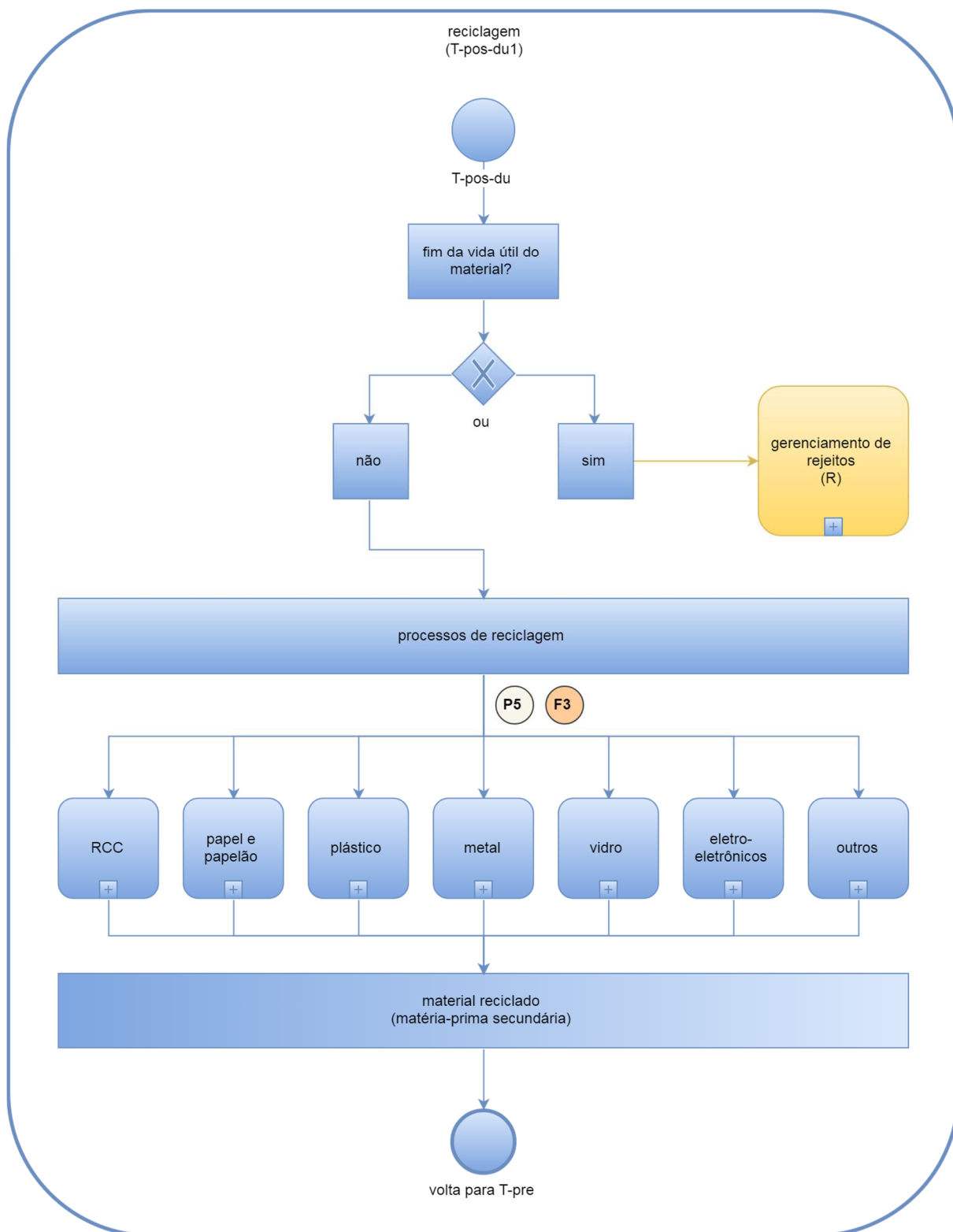
Chegando nas indústrias recicladoras, o RSU inorgânico será encaminhado para processos individualizados de reciclagem, segundo a sua classificação e caracterização. Há um processo de reciclagem específico para cada tipo de resíduo (fluxograma T-pos-du1, na Figura 90). Alguns materiais podem ser reciclados várias e infinitas vezes. Outros porém, perdem a sua qualidade após sucessivos processos e não podem mais ser reciclados. Vidro, cobre, aço e latas de alumínio podem ser reciclados infinitamente. O Papel pode ser reciclado de cinco a sete vezes, depois disto a fibra que o compõem começa a degradar. O Papelão, por sua vez, possui fibras longas e fortes e por isto pode ser reciclado várias vezes. Plástico tipo Poli (Tereftalato de Etileno) (PET) pode ser reciclado muitas vezes, enquanto o tipo Polietileno de Alta Densidade (PEAD) pode passar poucas vezes pela reciclagem, pois perde a qualidade durante o processo (COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM, 2018).

Figura 89 – Fluxograma T-pos-du: aproveitamento de RSU inorgânicos na fase pós-consumo.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 90 – Fluxograma T-pos-du1: processos de reciclagem de resíduos sólidos inorgânicos.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

5.2.3 O ciclo dos rejeitos

Se ao serem descartados, os resíduos sólidos orgânicos, seja os domiciliares ou os de limpeza urbana, não forem separados segundo as suas características físicas, químicas e biológicas, na melhor das hipóteses, reduzem-se as possibilidades de aproveitamento e, na pior delas, estas possibilidades são perdidas e os resíduos sólidos passam a ser rejeitos.

Quanto aos resíduos sólidos inorgânicos, encerradas as possibilidades de reciclagem, os materiais se tornam rejeitos. Aqueles que ao serem descartados não foram segregados, também serão rejeitos. As possibilidades de aproveitamento como matéria-prima secundária serão reduzidas ou perdidas. Daí a importância da separação correta dos resíduos sólidos no momento do descarte, da coleta seletiva e do transporte de material adequadamente acondicionado.

Em todas estas situações, a massa coletada só poderá ser destinada ao processo de gerenciamento de rejeitos (fluxograma R, na Figura 91, na próxima página).

Na condição de rejeito, os materiais precisam ser encaminhados para processos de tratamento. Nestes processos ocorrem tanto as operações de pré-tratamento, quanto as de tratamento propriamente dito.

Como métodos empregados para processar rejeitos em operações de pré-tratamento podem ser citados os seguintes: redução do tamanho; separação por tamanho; separação por densidade; separação elétrica e por campo magnético; compactação; secagem e desidratação; pesagem e enfardamento; manuseio de materiais (BARROS, 2012, p. 160-162).

Os processos de tratamento se aplicam a resíduos perigosos (Classe I), como por exemplo os Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) e os resíduos sólidos industriais, cuja responsabilidade recai sobre o gerador. Tendo em vista o recorte desta pesquisa, que se concentra nos RSU, os fluxos de rejeitos necessitam apenas de pré-tratamento e podem ser aproveitados em processos de recuperação de energia preferencialmente. Caso o município não disponha de unidades para tal finalidade, resta destinar os rejeitos para a disposição final em aterro sanitário.

Entretanto, se consideradas as possibilidades ofertadas pela mineração de aterros, o material depositado nestas unidades ainda pode ser explorado para obtenção de algum tipo de matéria-prima secundária ou para alimentar processos de geração de energia.

Assim, os ciclos de nutrientes biológicos e técnicos encontrados no RSU se fecham e se completam. Em função disto, o Modelo Presente, situado no cenário da Cidade Reativa, evolui e passa a figurar no cenário da Cidade Transição, como um novo modelo de referência para o planejamento e a concepção de sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos.

5.3 Mais ponderações

Voltando às questões levantadas para reflexão no final da seção 5.1 e caminhando para o encerramento deste capítulo, resta fazer algumas considerações.

A análise do Modelo Presente, feita na seção 5.1, evidenciou o fato de que ele existe como consequência e em função da Economia Linear. Pode-se antever a Economia Circular, porém ainda não é possível saber até onde ela chegará ou que frutos produzirá.

Logo, por enquanto, só se pode imaginar como seria um modelo de referência para o planejamento e a concepção dos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos na perspectiva da Economia Circular, o que foi feito ao se delinear o Modelo Futuro no cenário Cidade Circular, a partir da fundamentação teórica apresentada no capítulo 4.

Porém, essa abstração permitiu enxergar um modelo aproximado do circular, operando em um cenário de transição, incorporando minimamente a circularidade e baseando-se no conhecimento acumulado até o presente, no tocante às tecnologias de tratamento e aproveitamento de resíduos sólidos e rejeitos. Ou seja, um modelo que, embora idealizado, é possível!

Além de possível, o Modelo de Transição alinha-se a metas globais, com as quais o Brasil assumiu compromissos. Em 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU), apresentou uma nova agenda global para os próximos quinze anos, baseada em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

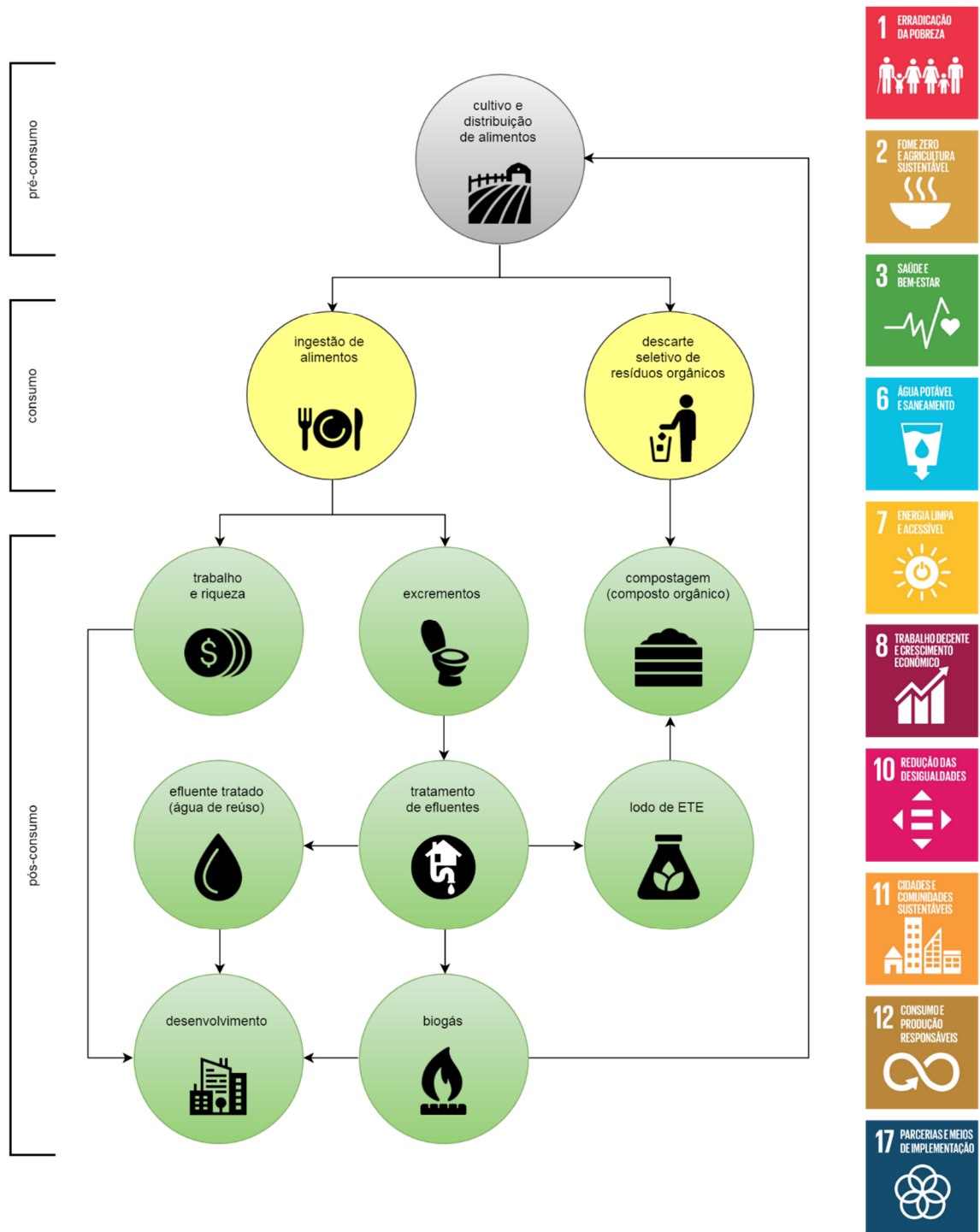
Ao comparar os ODS com as fontes de criação de valor da Economia Circular, percebe-se o que Fehr denominou em suas notas de orientação como o “ciclo do desenvolvimento”. Nele, “o ciclo de matéria se fecha, mas a criação de valor econômico é perpétua” (FEHR, 2018).

Visto desta forma, os ciclos dos nutrientes biológicos e técnicos, juntos, são parte integrante do ciclo do desenvolvimento, que é um sistema ainda maior, mais complexo, mais resiliente e parecido com os sistemas naturais, onde o resíduo de um é o alimento de outrem.

Nas páginas seguintes encontram-se as Figuras 92 e 93. A Figura 92 apresenta o esquema geral do ciclo dos nutrientes biológicos associado aos ODS. A Figura 93, o esquema geral do ciclo dos nutrientes técnicos associado aos ODS.

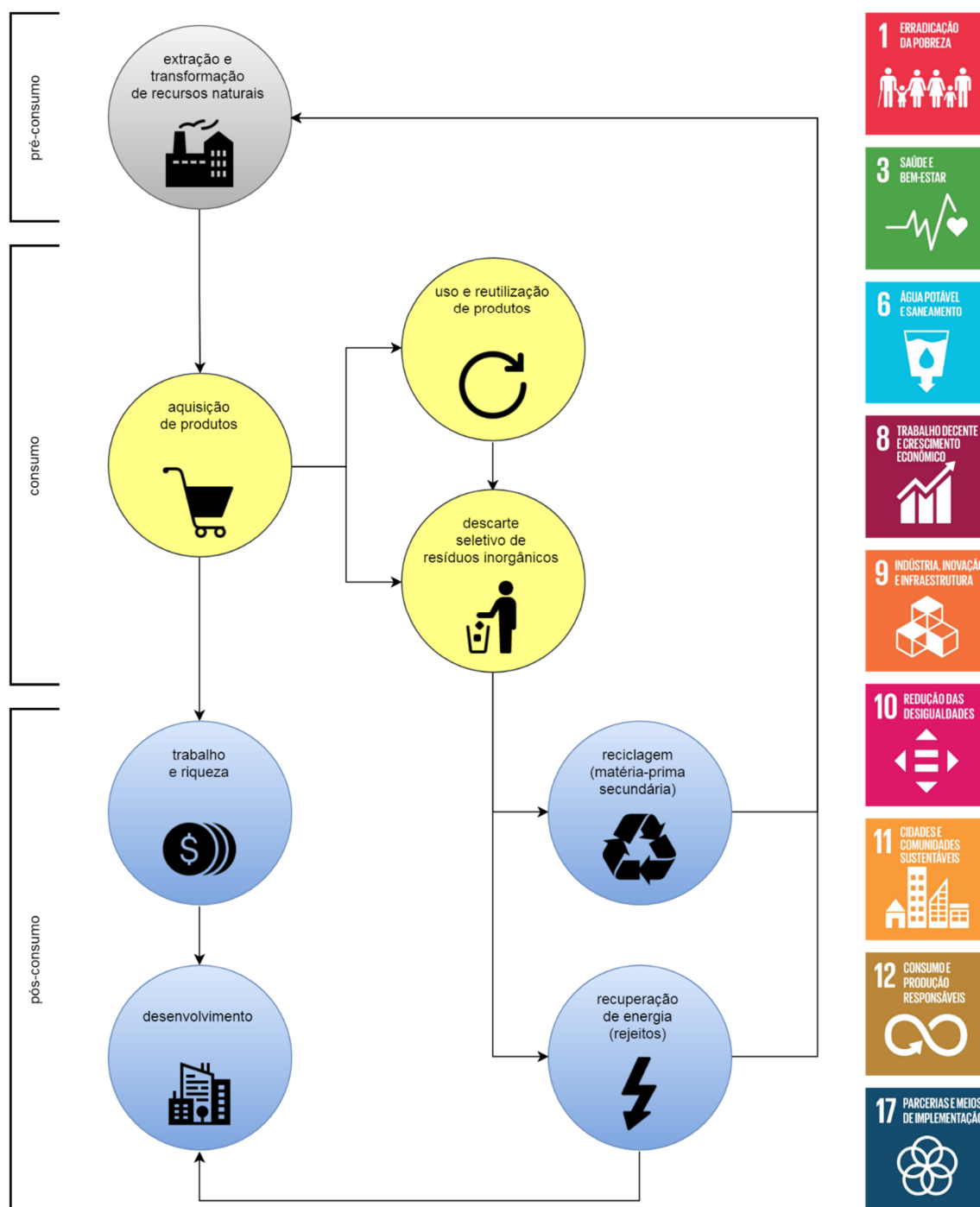
Após as figuras, encontra-se o capítulo 6, no qual o Modelo de Transição foi aplicado como um modelo de referência no âmbito do PMGIRS, para a elaboração de um prognóstico e um Plano de Ação para os RSU do Município de Goiás.

Figura 92 – Relação entre: ciclo do desenvolvimento, ciclo dos nutrientes biológicos e ODS.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir das observações de Fehr (2018).

Figura 93 – Relação entre: ciclo do desenvolvimento, ciclo dos nutrientes técnicos e ODS.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir das observações de Fehr (2018).

6 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta um estudo de caso, realizado no Município de Goiás (Goiás, Brasil), onde a aplicabilidade do Modelo de Transição desenvolvido no capítulo anterior, foi avaliada. A partir da observação, análise e registro do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos na unidade-caso, foi proposto um Plano de Ação para os RSU, orientado pelo Modelo de Transição. O capítulo se inicia pela caracterização do Município de Goiás, abordando os seus aspectos históricos, físicos, bióticos e antrópicos. Em seguida, o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos, bem como o modelo que tem sido a sua referência, foram descritos, analisados e avaliados, compondo um diagnóstico, a partir do qual foi elaborado um prognóstico e, decorrente deste, o referido Plano de Ação.

Em dezembro de 2014, foi firmado o Termo de Execução Descentralizada (TED) nº 17, entre a FUNASA e o IFG, do qual se originou o Projeto Sanear Cidades, cujo objetivo era capacitar os técnicos municipais e assessorar as prefeituras na elaboração do PMSB de 55 municípios goianos, com população de até 50.000 habitantes, selecionados pela FUNASA. Dentre os selecionados encontra-se o Município de Goiás. Como resultado, o Projeto Sanear Cidades deveria promover o fortalecimento da gestão, o desenvolvimento institucional e a implantação das ações de Saneamento Básico nestes municípios, contribuindo para a melhoria dos índices atuais e, conseqüentemente, para a qualidade de vida dos munícipes.

A Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, estabeleceu as diretrizes nacionais e os princípios para a universalização do acesso ao saneamento e determinou que os municípios brasileiros deveriam elaborar o PSMB, contemplando quatro componentes: (I) abastecimento de água; (II) esgotamento sanitário; (III) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; (IV) drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. A reunião das quatro componentes resulta no PMSB (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011a).

A elaboração do PMSB pode ser dividida em três etapas.

Na primeira etapa formam-se os grupos de trabalho e de mobilização social de modo a abranger diversas áreas do conhecimento e da sociedade. O objetivo é identificar questões relevantes, relativas ao Saneamento Básico no município. Todos os dados e informações coletados são documentados, armazenados e disponibilizados para consulta pública.

Na segunda etapa, realiza-se uma caracterização do município e um diagnóstico dos sistemas referentes a cada uma das quatro componentes do PMSB. A partir dos resultados obtidos, elaboram-se um prognóstico e um Plano de Ação, para cada uma das componentes.

A terceira etapa consiste em elaborar um relatório final e uma minuta do Projeto de Lei do PMSB. Ambos são submetidos à audiência pública e à Câmara de Vereadores, para aprovação. Caso aprovado, o plano deve ser executado e, no mínimo a cada quatro anos, deve ser revisado.

O Projeto Sanear Cidades foi estruturado segundo as etapas descritas acima. Foi determinado pelos seus coordenadores, que o PMSB do Município de Goiás seria um projeto piloto. Portanto, seria desenvolvido para tornar-se a referência na elaboração do PMSB dos demais 54 municípios participantes. Assim foi feito. Concluídas as atividades relativas à primeira e à segunda etapa, referentes ao Município de Goiás, o projeto piloto foi replicado no planejamento do PMSB dos demais 54 municípios.

No final de dezembro de 2018, encontravam-se cumpridas a primeira etapa e a metade da segunda etapa do Projeto Sanear Cidades, referente à caracterização e ao diagnóstico do Saneamento Básico de todos os 55 municípios participantes.

A autora deste trabalho participou da segunda etapa do Projeto Sanear Cidades, coordenando a equipe responsável pela elaboração do diagnóstico da componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do PMSB do Município de Goiás. Durante esta participação, duas situações foram percebidas.

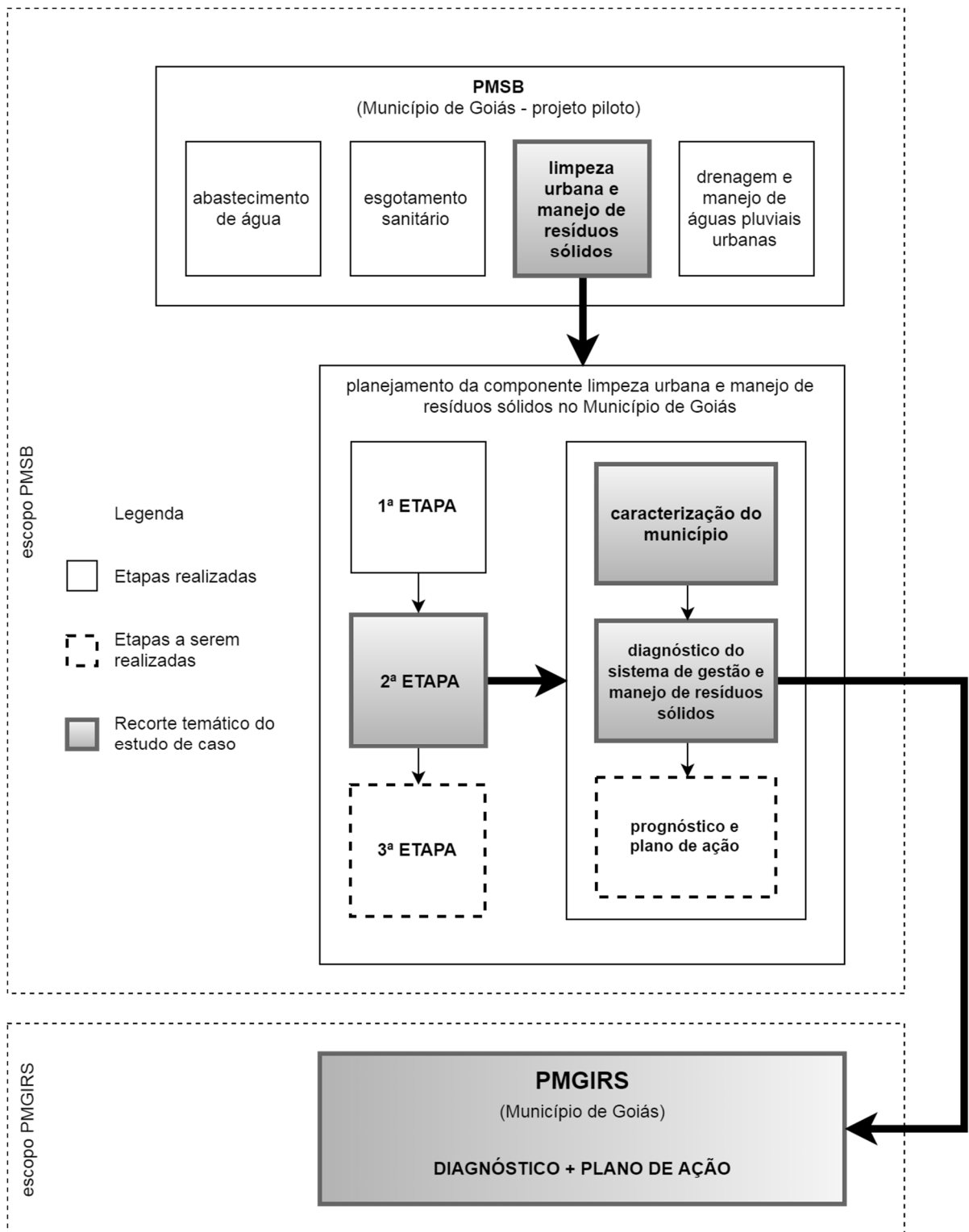
A primeira percepção: o Município de Goiás atendia aos três critérios estabelecidos para a escolha da unidade-caso neste trabalho, apresentados na seção 2.3.

Outra, para cada uma das quatro componentes do Saneamento Básico, abordadas no âmbito de um PMSB, devem ser elaborados planos específicos, nos quais o conhecimento a respeito de cada componente no município é aprofundado e ações são propostas para cada uma delas. Para a componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, o plano específico a ser desenvolvido, e posteriormente convertido em lei municipal, é o PMGIRS. Daí veio a segunda percepção: a caracterização e o diagnóstico da componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, elaboradas no âmbito do PMSB, poderiam também subsidiar a elaboração do PMGIRS do Município de Goiás.

Considerando estas duas percepções, optou-se por verificar a aplicabilidade do Modelo de Transição em um estudo de caso no Município de Goiás, no âmbito do PMGIRS.

A Figura 94 demonstra o recorte temático deste trabalho e a sua relação tanto com a componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, elaborada no âmbito do PMSB, quanto com o PMGIRS, instrumento de planejamento e gestão municipal a ser elaborado pelo Município de Goiás.

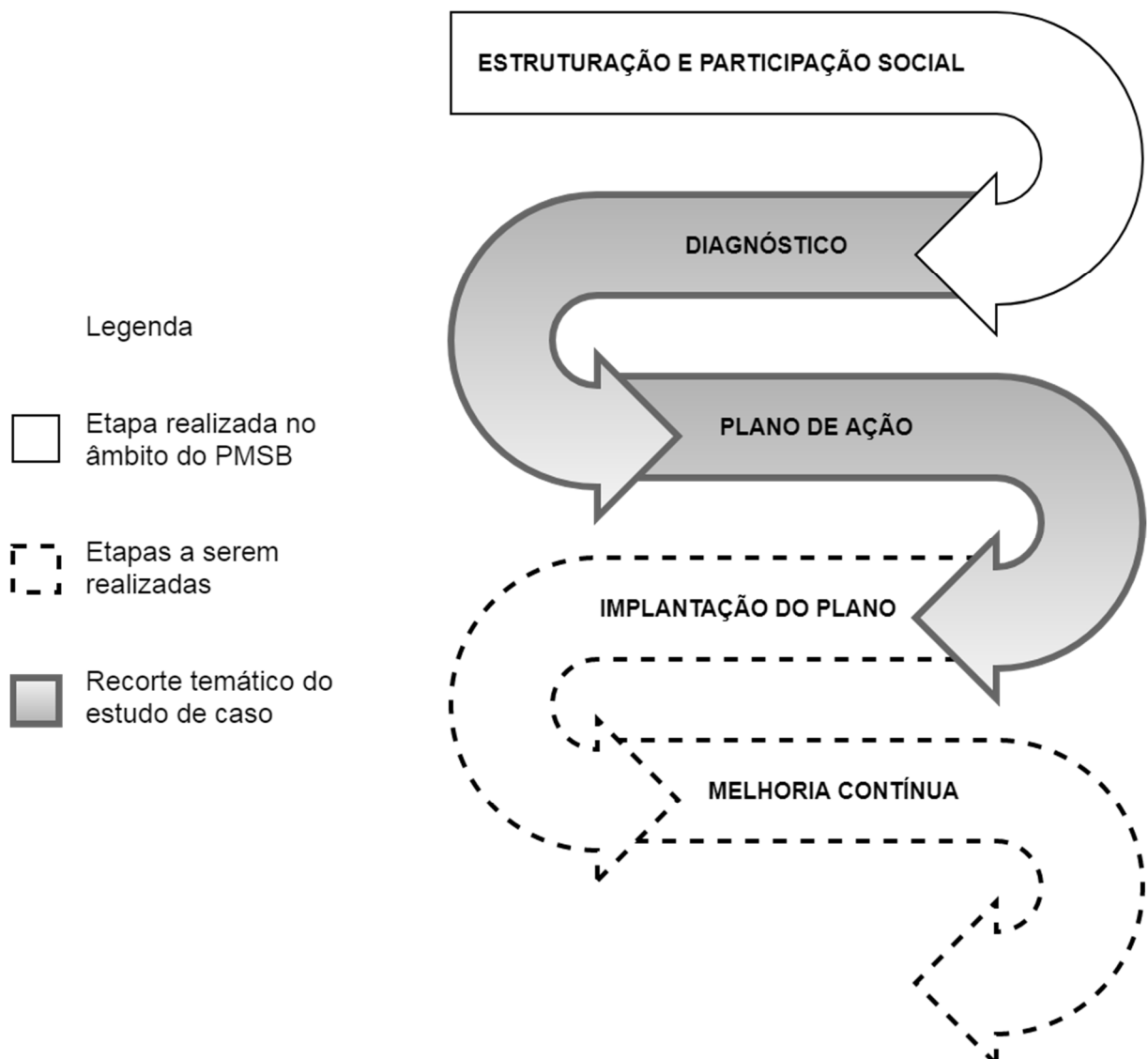
Figura 94 – Relação entre: PMSB, PMGIRS e o recorte temático.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A partir do diagnóstico da componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do PMSB do Município de Goiás, produzido no âmbito do Projeto Sanear Cidades (Figura 94), elaborou-se um prognóstico e um Plano de Ação para os RSU, norteados pelo Modelo de Transição, apresentado no capítulo 5. Para a elaboração do prognóstico e do Plano de Ação, neste trabalho, foi empregado um roteiro proposto pelo MMA (2012b) (2016), que apresenta uma metodologia passo a passo voltada para o desenvolvimento do PMGIRS, na qual se avança gradativamente segundo as etapas apontadas na Figura 95.

Figura 95 – Etapas do processo de elaboração e implantação do PMGIRS e o recorte temático.



Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Ministério do Meio Ambiente (MMA) (2012b) (2016).

Assim sendo, este trabalho apresenta elementos para subsidiar a elaboração do PMGIRS do Município de Goiás e está diretamente relacionado às etapas destacadas na cor cinza, na figura acima. Nas alíneas abaixo, encontra-se uma explicação a respeito de cada uma das etapas apontadas na Figura 95, bem como a delimitação da participação e da atuação da autora deste trabalho em cada uma delas. Descreve-se tanto o que foi realizado no âmbito da elaboração do PMSB do Município de Goiás, quanto deste trabalho, de acordo com as etapas apontadas na referida figura.

- a) **Estruturação e Participação Social:** as atividades relativas a esta etapa foram efetivadas pela equipe de campo do Projeto Sanear Cidades, no âmbito da elaboração do PMSB do Município de Goiás. Realizou-se: reuniões com os agentes públicos envolvidos e definição do grupo de trabalho no município; estruturação da agenda para a elaboração do plano; identificação dos atores a serem envolvidos (órgãos do executivo, legislativo, Ministério Público, entidades setoriais e profissionais, organizações não governamentais e associações); e mobilização através dos meios de comunicação existentes no município. A autora deste trabalho não participou desta etapa, mas acessou e utilizou os dados e informações produzidos pela equipe de campo.
- b) **Diagnóstico:** nesta etapa, no âmbito da elaboração do PMSB do Município de Goiás, foi estabelecido um roteiro de pesquisa para orientar a coleta de dados primários e secundários, a fim de caracterizar o município quanto aos seus aspectos físicos, bióticos e antrópicos. Em seguida, ainda no âmbito da elaboração do PMSB do Município de Goiás, foram estabelecidos outros roteiros para diagnosticar cada uma das quatro componentes. As atividades relativas ao diagnóstico da componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos foram realizadas por uma equipe coordenada pela autora deste trabalho, até o momento de entrega do relatório à Prefeitura Municipal de Goiás e à equipe técnica da FUNASA, para apreciação e avaliação. A autora deste trabalho utilizou os dados e informações constantes deste relatório para compor a caracterização do Município de Goiás e para descrever e analisar a problemática dos resíduos sólidos na unidade-caso.
- c) **Plano de Ação:** a equipe responsável pela componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás, até junho de 2019, estava aguardando o resultado da avaliação do relatório referente ao diagnóstico pela equipe técnica da

FUNASA. Portanto, entre dezembro de 2018 e junho de 2019, esta etapa ainda não havia sido executada no âmbito do Projeto Sanear Cidades. A autora deste trabalho prosseguiu individualmente, propondo aqui, um prognóstico e um Plano de Ação para os RSU do Município de Goiás, de acordo com o recorte definido no projeto de pesquisa e no âmbito do PMGIRS. As atividades relativas a esta etapa envolveram: definição de perspectivas iniciais a partir de um cenário de referência; definição de objetivos, diretrizes e estratégias, de acordo com o Modelo de Transição, desenvolvido no capítulo 5; indicação de programas e ações que precisam ser concebidos e desenvolvidos para superar os problemas referentes ao RSU no Município de Goiás; fixação de metas de planejamento no curto, médio e longo prazo; e atribuição de responsabilidades. Os resultados obtidos neste trabalho, após a sua aprovação, serão apresentados à Prefeitura Municipal de Goiás, como uma contribuição à elaboração do seu PMGIRS, e à coordenação do Projeto Sanear Cidades, como uma contribuição à elaboração do PMSB do Município de Goiás, naquilo que se refere à componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Espera-se contribuir também, ainda que indiretamente, para a elaboração do PMSB dos demais 54 municípios participantes do Projeto Sanear Cidades, uma vez que o Município de Goiás, enquanto projeto piloto, é a referência para o cumprimento do escopo proposto.

- d) Implantação do plano: esta etapa é tarefa do Município de Goiás e só ocorrerá após o cumprimento das etapas anteriores. Ela envolverá: a conversão do PMGIRS em lei municipal, respeitando a harmonia necessária entre as leis dos demais municípios, no caso de constituição de um consórcio público; divulgação ampla do plano; concepção, desenvolvimento e implantação de programas, ações e projetos demandados pelo PMGIRS;
- e) Melhoria contínua: esta etapa também é tarefa do Município de Goiás. Nela ocorrerá o monitoramento do PMGIRS, que deverá ser continuamente avaliado, tanto pela população quanto pela administração pública municipal. Cabe a esta última corrigir falhas, rumos e conduzir a revisão e atualização do PMGIRS a cada quatro anos.

Em seguida, apresenta-se segundo uma linha do tempo, fragmentos da história do Município de Goiás e, na sequência, a sua caracterização física, biótica e antrópica, como parte do diagnóstico (citado na alínea b).

6.1 Um pouco da história do Município de Goiás

Como parte da caracterização do Município de Goiás, alguns aspectos e elementos dos seus quase três séculos de história foram recortados para compor um breve relato do intervalo de tempo compreendido entre o arraial e o município. Na sequência, um pouco de história...

Palacín (2008, p. 17-21) ensina que no primeiro século da colonização do Brasil, diversas expedições percorreram parte do território goiano, no intuito de explorar o interior, buscar riquezas minerais e capturar índios.

Em meados da década de 1690, foram descobertas minas de ouro em diversas localidades de Minas Gerais e em Cuiabá, Mato Grosso. Foi então que Bartolomeu Bueno da Silva, paulista que havia vivido em Minas Gerais, pediu licença ao Rei para organizar uma bandeira argumentando que deveria haver ouro entre estes dois pontos. Concedida a licença, foi organizada uma expedição militar, e ao mesmo tempo comercial, composta por cerca de quinhentos homens.

Assim, em 1682, ele partiu levando consigo seu filho de 12 anos. Nesta expedição, após muito tempo e distância percorridos, acamparam em uma região onde os índios usavam enfeites de ouro. Bartolomeu Bueno da Silva perguntou de onde vinha o metal e os índios se recusaram a revelar. Foi então que usou a artimanha de colocar fogo em uma cuia de aguardente, afirmando que faria o mesmo com os recursos hídricos locais. Isto assustou e impressionou os nativos que acabaram mostrando onde o ouro era extraído. Devido a este fato, foi apelidado pelos índios de Anhanguera (Diabo Velho).

Após recolher ouro no leito de cinco cursos d'água que corriam no local, regressou a São Paulo, onde faleceu em 1700 (PASSOS, 2018, p. 13).

No entanto, ficou na memória de seu filho a lembrança da localização das minas. Assim, em 1720 Bartolomeu Bueno da Silva Filho ofereceu-se ao Rei D João V para redescobrir as minas encontradas por seu pai (PASSOS, 2018, p. 13).

Em 3 de julho de 1722, ele saiu de São Paulo a procura de ouro, prata e pedras preciosas. A bandeira encontrou pela frente inúmeras dificuldades. Muitos homens morreram devido à fome, ao ataque dos índios, de feras e de bichos peçonhentos. Houveram muitas deserções (PALACÍN, 2008, p. 21-22); (MAIA, 1979, p. 6); (PASSOS, 2018, p. 15).

Após três anos e dois meses marchando sem rumo, a expedição conseguiu chegar nas cercanias da atual Cidade de Goiás, local onde Bartolomeu Bueno da Silva Filho havia estado quarenta anos antes com a bandeira de seu pai (PASSOS, 2018, p. 16).

Em 21 de outubro de 1725, chegou em São Paulo relatando que havia descoberto cinco córregos auríferos e ricas minas (PASSOS, 2018, p. 16).

No ano seguinte, em 6 de julho de 1726, Bartolomeu Bueno da Silva Filho partiu novamente em direção aos descobrimentos dos Goyazes, desta vez para se fixar na terra (PASSOS, 2018, p. 16).

Os primeiros garimpos localizavam-se na região do Rio Vermelho: as lavras do Arraial da Barra (atual Buenolândia) e as lavras da barra do Rio Manuel Gomes e do Bagagem, onde surgiu o Arraial de Sant'Ana, que depois seria chamado Vila Boa de Goiás e, mais tarde, Cidade de Goiás (PALACÍN, 2008, p. 23); (MAIA, 1979, p. 6) (PASSOS, 2018, p. 16-22).

No dia 25 de julho de 1739 o Arraial de Sant'Ana foi elevado à condição de município e passou a ser denominado Vila Boa de Goiás. Apresentava à época a estrutura urbana que até hoje conserva em seu Centro Histórico: o Largo do Chafariz, a Rua da Fundição, o Largo do Palácio, a Rua Moretti Foggia e o Largo do Rosário dos Pretos (MAIA, 1979, p. 7).

A cidade foi próspera durante o ciclo do ouro. Possuía um comércio bem desenvolvido, era rota de viajantes e residência de autoridades. Atingiu a plenitude com logradouros estabelecidos e calçados, edifícios públicos construídos, belas igrejas, pontes sobre o Rio Vermelho (MAIA, 1979, p. 8).

Quando começam a se esgotar os aluviões, sem que houvesse outra fonte de exportação e riqueza, Vila Boa de Goiás entra em decadência, assiste a sua população minguando e a pobreza se instalando. Aos poucos, a economia local volta-se para a agropecuária e a navegação de rios, particularmente o Araguaia e o Tocantins.

Por volta de 1788, o ensino começa a se desenvolver. A decadência da exploração aurífera é coincidente com o aperfeiçoamento dos artesãos e artífices e são desta época as construções mais artísticas, a exemplo da Igreja D'Abadia.

Em 18 de setembro de 1818, Vila Boa de Goiás, por decreto de D. João VI, é elevada à categoria de cidade, com o nome de Goiás (MAIA, 1979, p. 16-18).

A partir da segunda metade do século XIX, surgem na cidade jornalistas, poetas, pintores, músicos, musicistas e compositores, o que formaria mais à frente uma “nata intelectual refinada”, que marcaria e influenciaria toda a cultura goiana vindoura. Dentre eles: Antônio Félix de Bulhões Jardim, poeta; José Joaquim da Veiga Valle, santeiro e escultor; André Antônio da Conceição, pintor; Basílio Martins Braga Serradourada e cônego José Iria, compositores de música sacra erudita; Joaquim Santana, compositor popular; Hugo de carvalho Ramos, escritor; dentre outros (MAIA, 1979, p. 20-21).

Goiás foi capital do estado até 6 de dezembro de 1935, quando a capital foi transferida para Goiânia, ainda em construção. Novamente, o berço centenário do povo goiano testemunhou a saída de sua gente rumo a nova capital e se viu desfalcado de recursos econômicos e financeiros. Era preciso buscar novos caminhos, se reinventar (MAIA, 1979, p. 20-21).

Durante muito tempo o Município de Goiás permaneceu isolado e desprestigiado. Foi aprendendo aos poucos a viver dos recursos advindos da agricultura e da pecuária. A cidade permaneceu adormecida e, ao mesmo tempo, guardada pela murraria que lhe serve de muralha. O seu Centro Histórico passou por um período de desfiguração, até que tornou-se objeto de atenção e cuidado por parte do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). Neste recorte temporal, começou a reagir e a recuperar-se (MAIA, 1979, p. 22).

Um pouco adiante no tempo, outra vez a cultura estendeu suas mãos à cidade, principalmente por intermédio de duas mulheres.

Em junho de 1965, a poetisa e contista Cora Coralina, pseudônimo de Anna Lins dos Guimarães Peixoto Bretas, teve seu primeiro livro publicado, quando já tinha quase 76 anos de idade, o que contribui para despertar em âmbito nacional a curiosidade e o interesse pela Cidade de Goiás (PASSOS, 2018, p. 213-266).

Em 1967, Goiandira Ayres do Couto, criou uma técnica de pintura com areias coloridas da Serra Dourada e foi reconhecida internacionalmente, levando em suas andanças o nome e as imagens da cidade. Dentre outros feitos, a artista também foi uma das fundadoras da Escola Regimental da Primeira Companhia Destacada da Polícia Militar na Cidade de Goiás, da Escola de Artes Plásticas Veiga Valle e da Organização Vilaboense de Artes e Tradições (OVAT), esta última dedicada à preservação das festividades relativas à Semana Santa, evento importante no calendário turístico da cidade e do Estado de Goiás (PASSOS, 2018, p. 213-266).

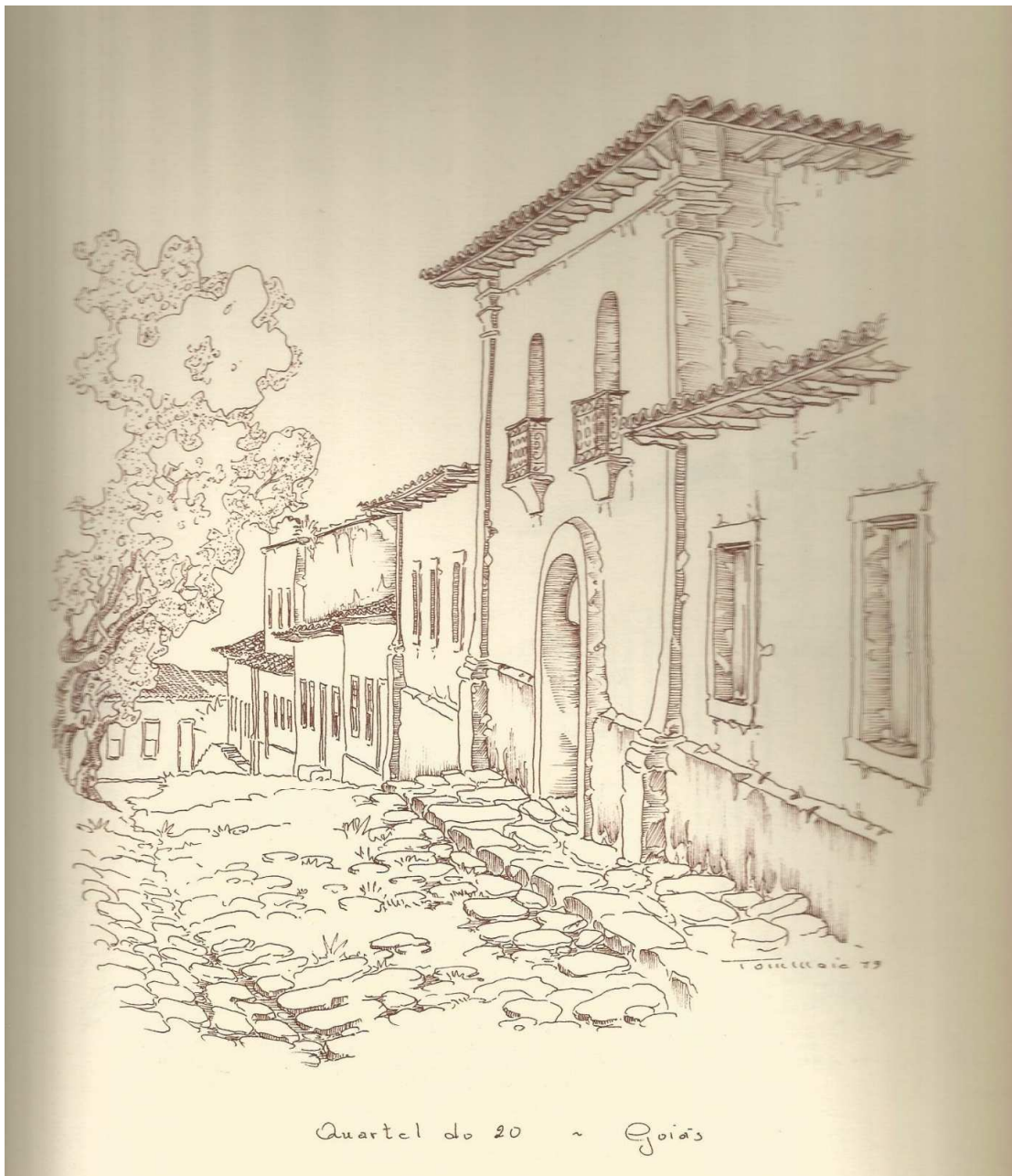
Ao manter e preservar a arquitetura colonial de suas casas (muitas de pau-a-pique), suas ruas, edifícios públicos e igrejas centenárias, em dezembro de 2001, foi reconhecida pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), como sendo Patrimônio Histórico e Cultural Mundial (PASSOS, 2018, p. 213-266).

Visitar o Centro Histórico da antiga Vila Boa de Goiás é como voltar ao passado. A leitura da paisagem arquitetônica revela a história de um povo que veio de longe, errou, acertou, dominou o Cerrado, miscigenou, constituiu uma cultura e fez de Vila Boa de Goiás o seu lugar. São muitas as cenas a serem lidas e interpretadas. Na Figura 96, vê-se uma delas retratada em um dos primorosos desenhos da coletânea produzida por Tom Maia em 1979.

Escreveu Bernardo Élis em um trecho do texto ilustrado por Maia (1979, p. 22):

Se pobre, nosso barroco (mais pobre pela perda das igrejas de Santana e Lapa, que ostentavam o melhor) apresenta o essencial, esse espírito complexo e contraditório, gerador dos largos trapezoidais, das ruas tortuosas, o calçamento incerto, a predominância de linhas curvas, o casario pequeno e de paredes-meias, enfim esse clima, esse ar sensual e místico, em que o pecado e as penas se temperam com o ardente impulso de gozar a vida naquelas melhores coisas que Deus deixou no mundo para os homens e para os bichos.
É com ternura que se sente a simplicidade aparente de Vila Boa!

Figura 96 – Quartel do Vinte retratado por Tom Maia em 1979.



Fonte: Maia (1979, p. 9).

6.2 Caracterização do Município de Goiás

Para o campo do Planejamento e da Gestão Ambiental o ambiente é um conjunto de condições e limites que deve ser conhecido, mapeado, interpretado, definido coletivamente, dentro do qual evolui a sociedade. Conhecer o ambiente é determinante na definição do alcance dos instrumentos de Planejamento e de Gestão Ambiental (SÁNCHEZ, 2008, p. 22).

A Geografia, através das suas categorias de análise, é a ciência que possibilita o conhecimento do ambiente. Ela é imprescindível no Planejamento e na Gestão Ambiental. Neste capítulo, onde o ambiente a ser conhecido é o Município de Goiás, ela permitiu descrever os aspectos físicos e geopolíticos, por meio das categorias paisagem, território e região; entender os aspectos sociais e culturais por intermédio da categoria lugar; e apreender os aspectos econômicos, com base na Geografia Econômica.

Assim sendo, nesta seção foram abordados aspectos físicos, bióticos e antrópicos do Município de Goiás. Formou-se um painel de informações para identificar fatores condicionantes do planejamento e para subsidiar decisões.

A obtenção dos dados e informações se deu a partir da consulta à Prefeitura Municipal de Goiás, aos bancos de dados estaduais e federais e às fontes bibliográficas citadas no corpo do texto.

Valeu-se também, da participação no Projeto Sanear Cidades, especificamente na equipe responsável pelos estudos referentes à componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Na sequência, apresenta-se a caracterização do Município de Goiás, iniciando pela descrição dos seus aspectos físicos e bióticos.

6.2.1 Aspectos físicos e bióticos

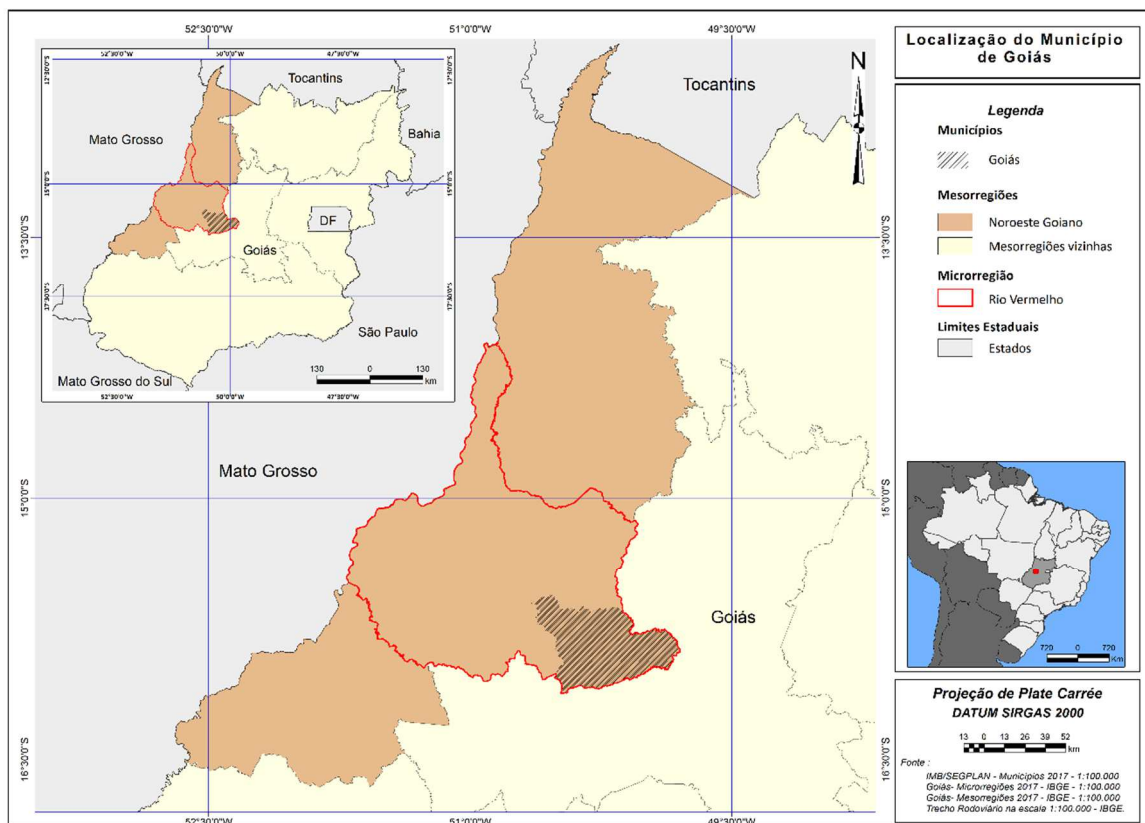
Para a caracterização física e biótica do Município de Goiás foram considerados os seguintes aspectos: localização; geologia; geomorfologia; pedologia; clima; hidrografia; fauna; flora; uso e ocupação do solo. Os referidos aspectos encontram-se descritos nas alíneas de “a” até “h”.

a) Localização

O Município de Goiás está localizado no Estado de Goiás, na Região Centro Oeste do Brasil, com uma área de 3.108,019 km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

De acordo com a classificação do IBGE (1990), situa-se na Mesorregião Noroeste Goiano e na Microrregião do Rio Vermelho, localizando-se a aproximadamente 15° 58' 16" de latitude Sul e 50° 08' 55" de longitude oeste (Figura 97)

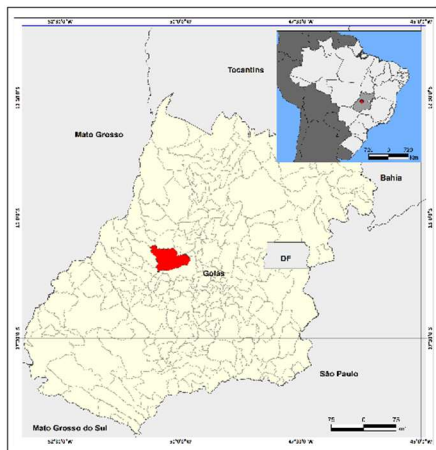
Figura 97 – Localização do Município de Goiás segundo o IBGE.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (1990).

Segundo a classificação do Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB) (2018d), o município pertence à região de planejamento denominada Noroeste Goiano (Figura 98).

Figura 98 – Localização do Município de Goiás segundo o IMB.

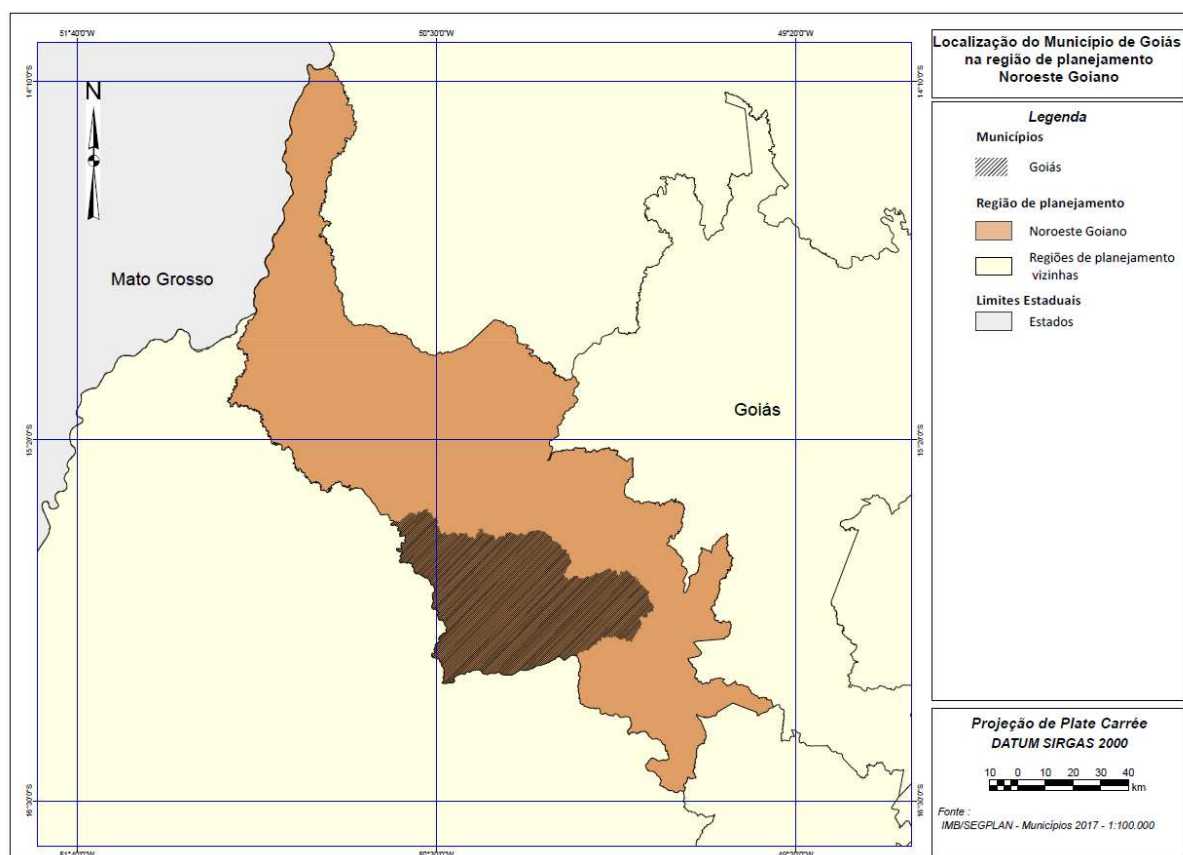


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Localização do Município de Goiás na região de planejamento Noroeste Goiano, definida pelo Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB)

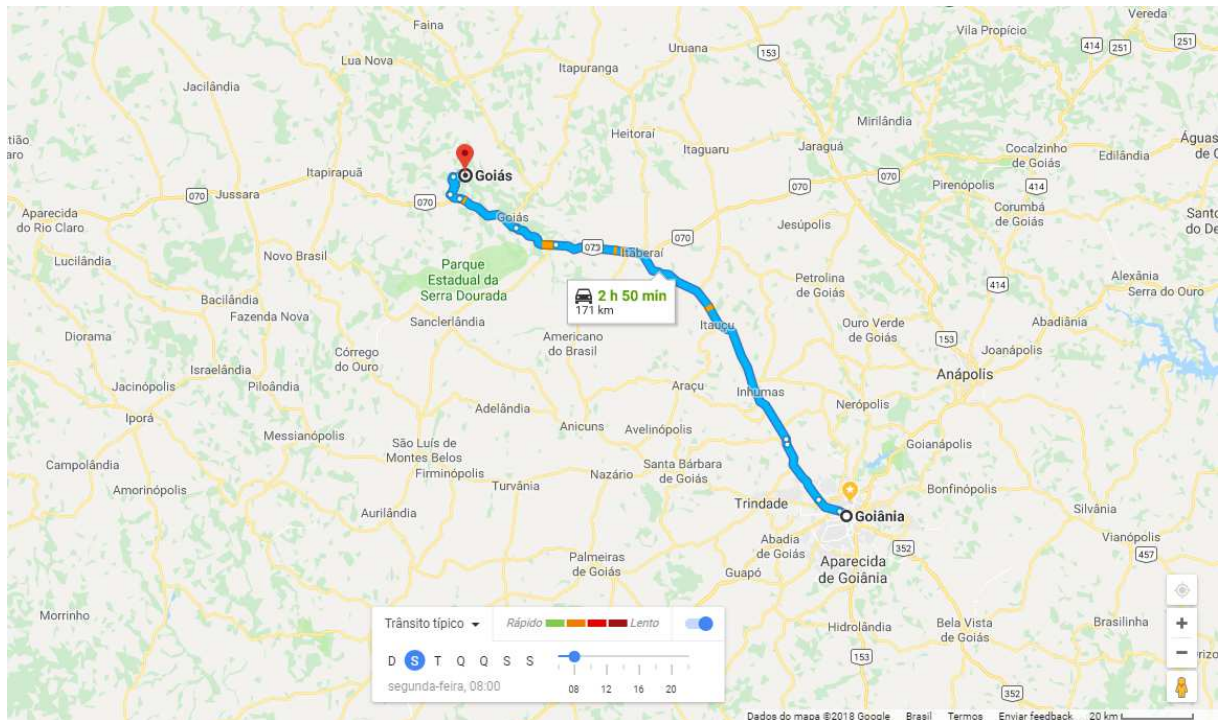


Fonte: adaptado de Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), (2018d).

O Município de Goiás faz divisa com os seguintes municípios: Faina, Matrinchã, Itapirapuã, Novo Brasil, Buriti de Goiás, Mossâmedes, Itaberaí, Heitorai, Itapuranga e Guaraíta. Possui seis distritos, a saber: Buenolândia, Calcilândia, Davidópolis, São João, Uvá e Goiás (o distrito tem o mesmo do município) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018b).

A distância entre o centro de Goiânia, atual capital do Estado de Goiás, e o centro de Goiás, a antiga capital, é de aproximadamente 171 Km. O percurso de carro, em uma segunda-feira típica, por volta das 8h da manhã, dura em média 2h50min (Figura 99).

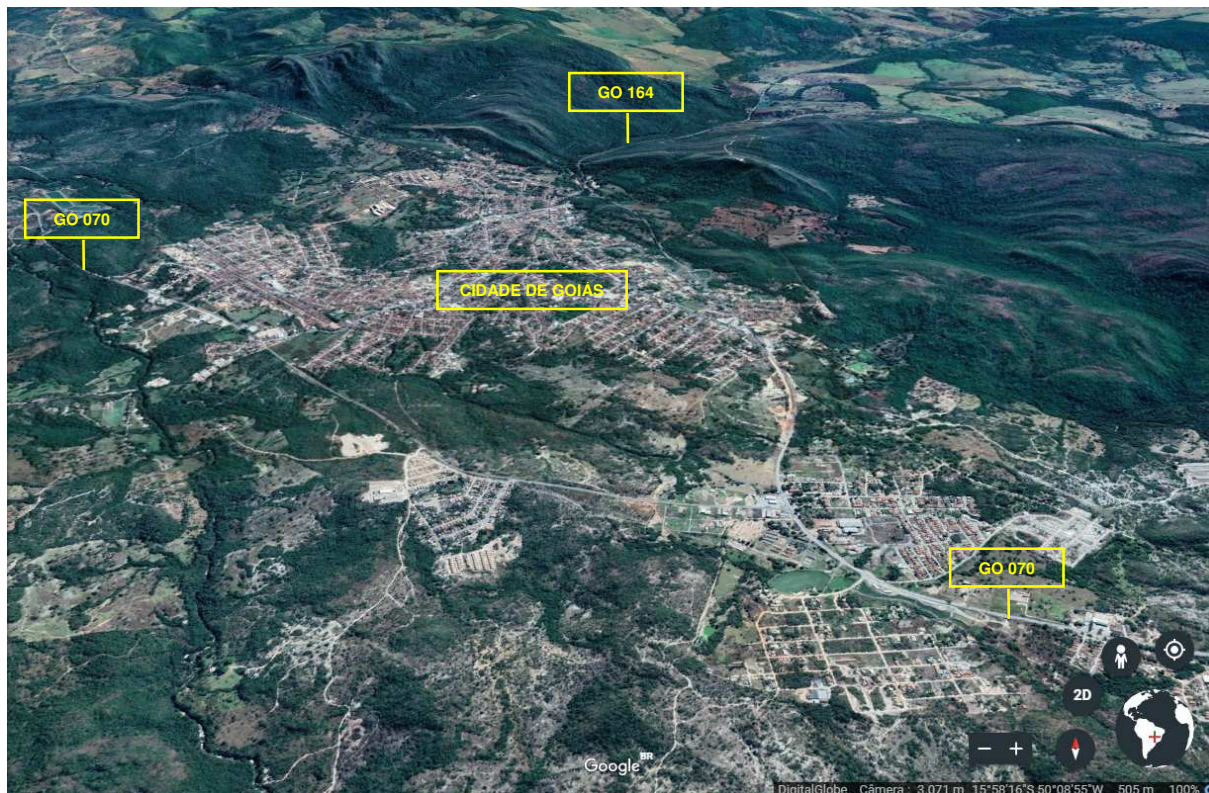
Figura 99 – Percurso entre Goiânia e Goiás.



Fonte: Google Maps (GOOGLE, 2019a).

A área urbana está situada no cruzamento das rodovias GO 070 e GO 164. A primeira é uma importante via de transporte de pessoas e cargas, escoamento da produção agropecuária, interligação de vários municípios do Estado de Goiás e também acesso ao Estado de Mato Grosso. A segunda, faz parte do trajeto que leva a Aruanã, município turístico localizado às margens do Rio Araguaia, passando pela Cidade de Goiás (Figura 100).

Figura 100 – Principais acessos rodoviários ao Município de Goiás.



Fonte: Google Earth (GOOGLE, 2019b)

b) Geologia

Regionalmente o Estado de Goiás está inserido geotectonicamente em duas grandes unidades, Província Tocantins (950 Ma – 490 Ma) e Bacias Sedimentares Fanerozoicas, mais jovens que 540 Ma (MOREIRA, 2008).

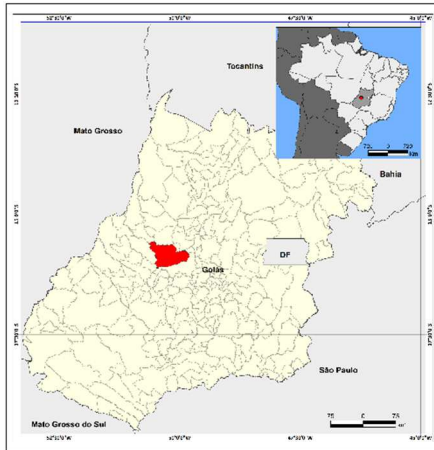
A área do Município de Goiás está inserida na Província Tocantins que é constituída de três cinturões dobrados, denominados faixas Brasília, Araguaia e Paraguai, resultantes da colisão de três blocos continentais (MOREIRA, 2008).

A Faixa Brasília é um cinturão móvel Neoproterozóico, situado na porção oriental da Província Tocantins. Possui cerca de 1.000 km segundo a direção N-S e engloba grande parte do Estado de Goiás. Esta faixa é constituída por núcleos e fragmentos cratônicos Arqueanos e Paleo-mesoproterozóicos representados por: Terrenos Granito-Greenstone; Cinturões Paleoproterozóicos; Rift Intracontinental Paleomesoproterozóico; e Bacia Oceânica Mesoproterozóica, total ou parcialmente envolvidos durante a orogênese brasileira (MOREIRA, 2008).

Portanto, o Município de Goiás está inserido na Província Tocantins, especificamente na Faixa Brasília.

A maior parte do município é formada por rochas do Complexo Anta e Uv; em seguida ocorrem as rochas do Grupo Goiás Velho, Grupo Serra Dourada, Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns-Itaberaí. Em menor distribuição aparecem a Suíte Intrusiva Aragoiânia e intrusivas graníticas, além de corpos de diques e stocks máficos e ultramáficos (Figura 101) (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Figura 101 – Mapa geológico do Município de Goiás.

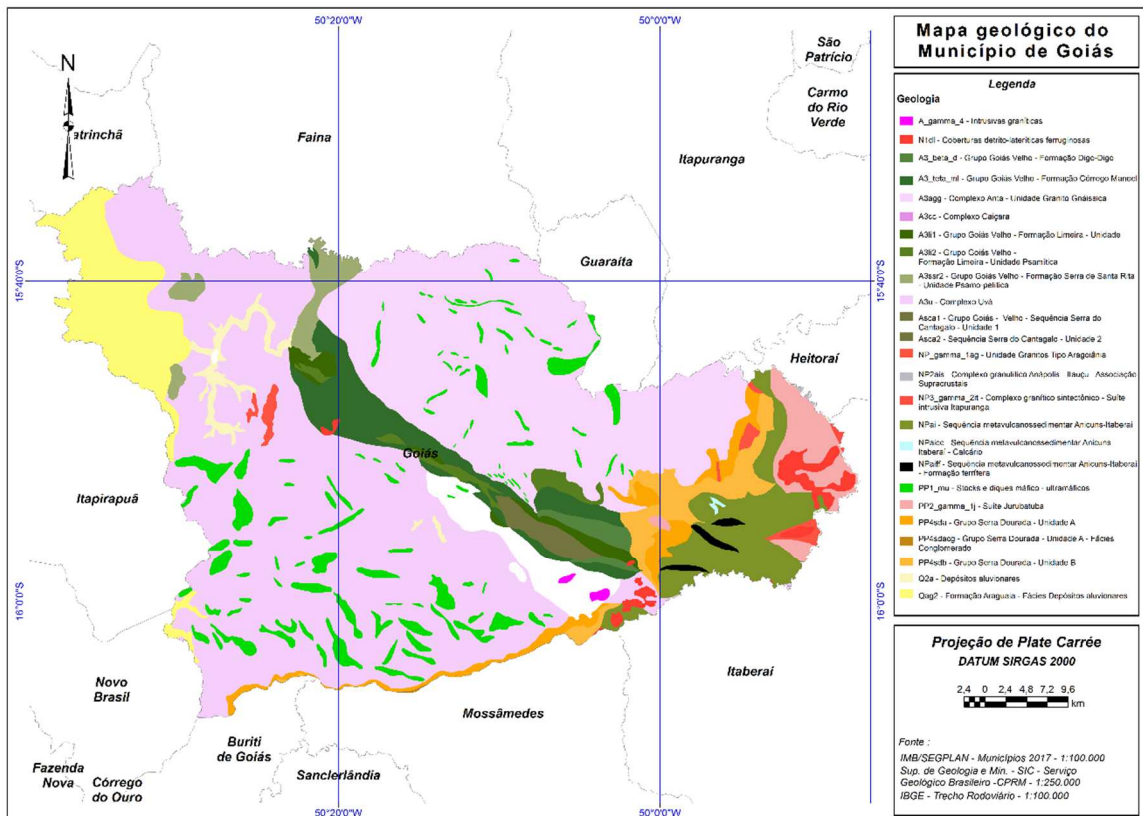


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa geológico do Município de Goiás.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

c) Geomorfologia

Quanto aos aspectos geomorfológicos, o Município de Goiás pode ser dividido basicamente em seis categorias de relevo: superfície regional de aplainamento; relevo de morros e colinas; estrutura dobrada formando *hogbacks* (colinas e morros formados por rochas que apresentam mergulhos fortes, maior que 20°); estrutura dobrada com forte controle estrutural; planície fluvial com bancos acrescidos e faixa aluvial (LATRUBESSE, 2006); (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

A categoria superfície regional de aplainamento é uma unidade denudacional, gerada pelo arrasamento/aplainamento de uma superfície de terreno. As cotas estão entre 250 e 400 m, com dissecação média, desenvolvida sobre rochas pré-cambrianas. Ela ocorre na maior parte do Município de Goiás, nas regiões leste, noroeste e sudoeste (LATRUBESSE, 2006); (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 102).

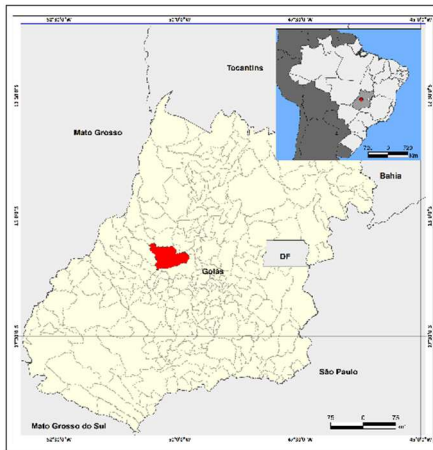
A categoria relevo de morros e colinas aparece em regiões onde existem rochas resistentes à erosão com presença de estruturas marcadas, como por exemplo, dobramentos. A dissecação e o controle estrutural são classificados como muito fortes (LATRUBESSE, 2006); (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 102).

As estruturas dobradas formando *hogbacks*, ocorrem na região da Serra Dourada, no extremo sul da área do município. As cristas de quartzito da Serra Dourada, desenvolvidas sobre o Grupo Araxá, comportam-se como um sistema de *hogbacks*, com mergulho geral entre 30° e 40° ao sul, com variações para S-SW e S-SE (LATRUBESSE, 2006); (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 102).

As estruturas dobradas com forte controle estrutural, são observadas na porção norte, apresentando forte dissecação (LATRUBESSE, 2006); (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 102).

Os dois últimos sistemas geomorfológicos, a planície fluvial com bancos acrescidos e a faixa aluvial, estão presentes na porção noroeste e são classificados como sistemas agradacionais, onde predomina o acúmulo de sedimentos (LATRUBESSE, 2006); (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 102).

Figura 102 – Mapa geomorfológico do Município de Goiás.

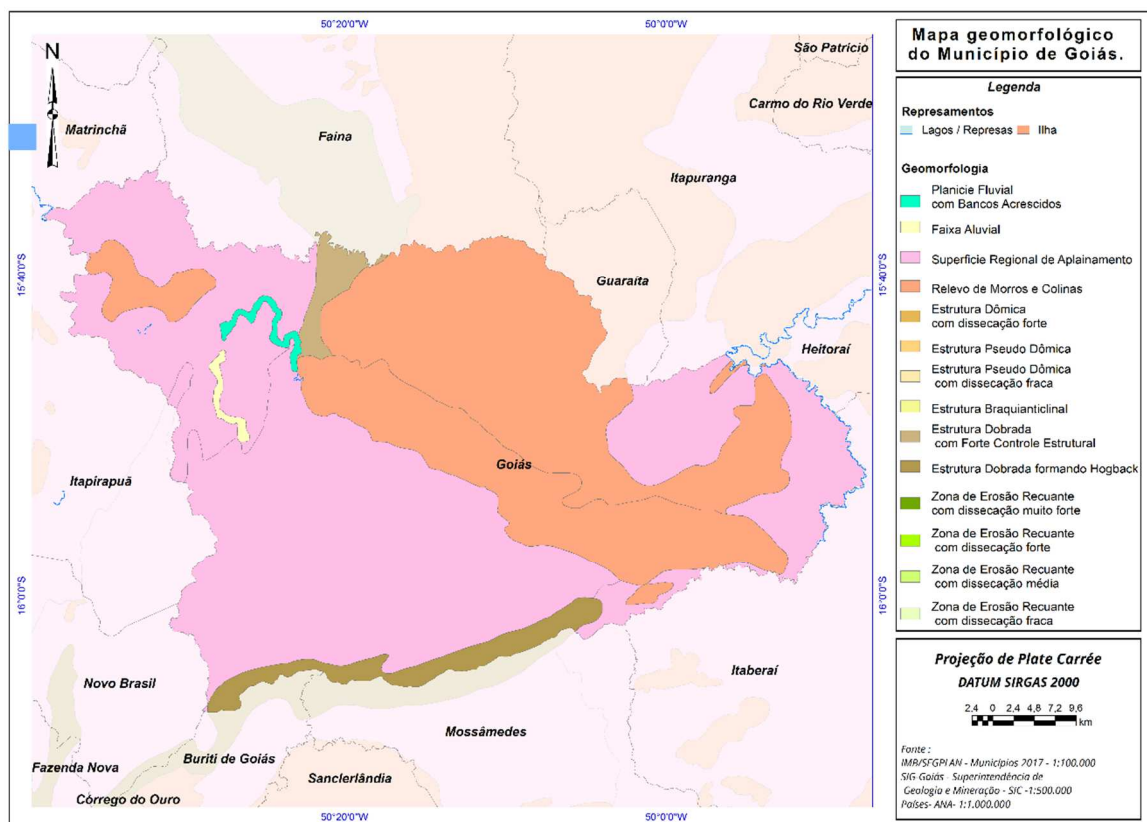


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

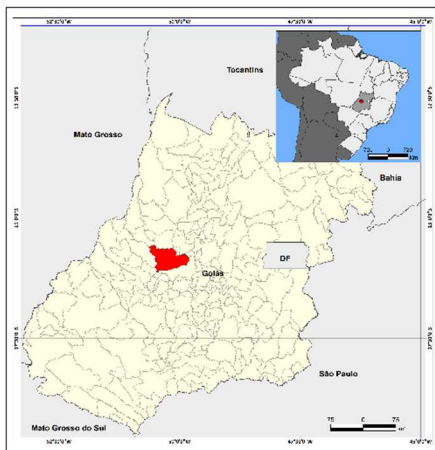
Mapa geomorfológico do Município de Goiás.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

O relevo do Município de Goiás é bastante acidentado, com destaque para Serra Dourada, Serra de Santa Rita e os morros Dom Francisco, Cantagalo e Lages. A Figura 103 mostra o mapa de altimetria do Município de Goiás. Observa-se que a altitude varia de 250 a 1150 metros. As maiores altitudes (774 a 1.150 metros) estão próximas à Serra Dourada (COSTA, 2014, p. 40-42).

Figura 103 – Mapa de altimetria do Município de Goiás

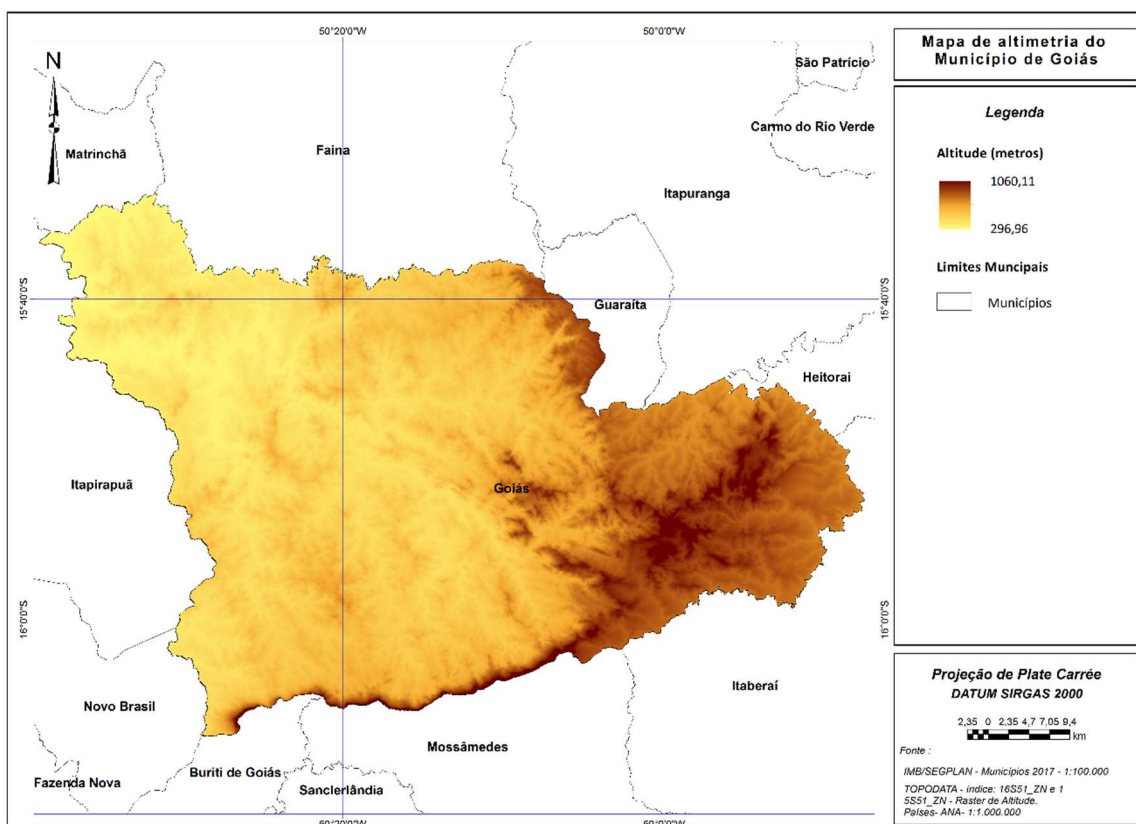


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

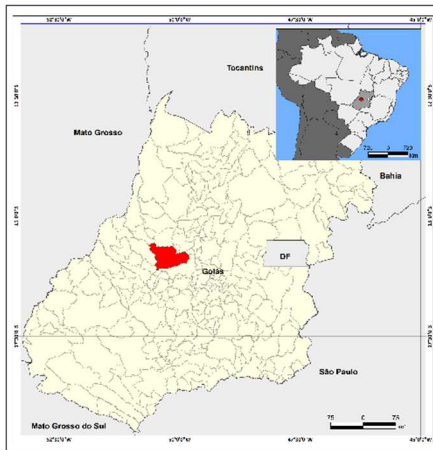
Mapa de altimetria do Município de Goiás



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

A declividade varia entre a faixa de 0 a 3% (relevo plano) e 45 a 75% (relevo montanhoso). As maiores declividades encontram-se próximas à Serra Dourada (COSTA, 2014, p. 40-42). A Figura 104 apresenta o mapa de declividade do Município de Goiás.

Figura 104 – Mapa de declividade do Município de Goiás.

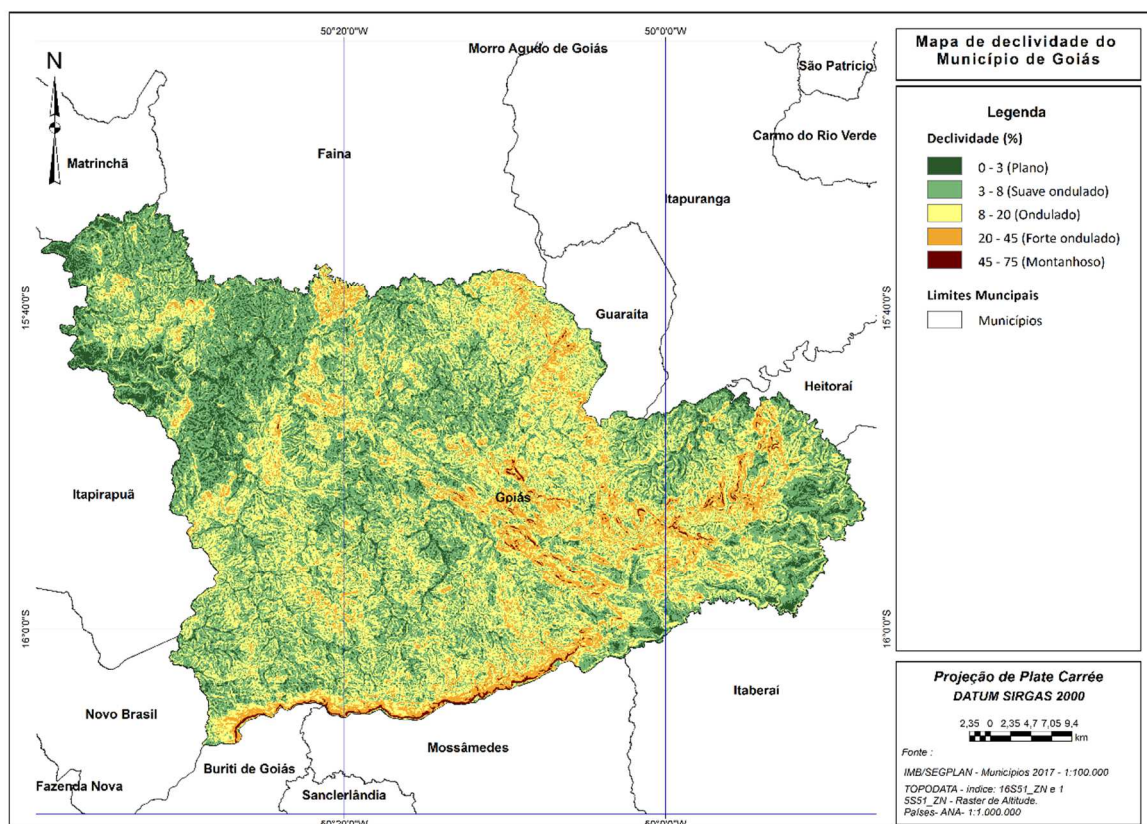


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa de declividade do Município de Goiás.

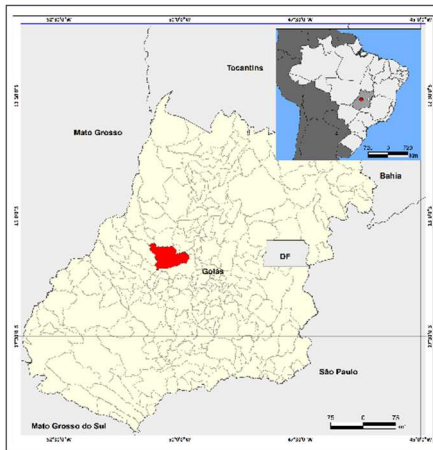


Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

d) Pedologia

Na área do Município de Goiás há o predomínio de cambissolo, seguido por argissolo, latossolo, neossolo e plintossolo. A área urbanizada do município assenta-se sobre o cambissolo (Figura 105) (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Figura 105 – Mapa de solos do Município de Goiás.

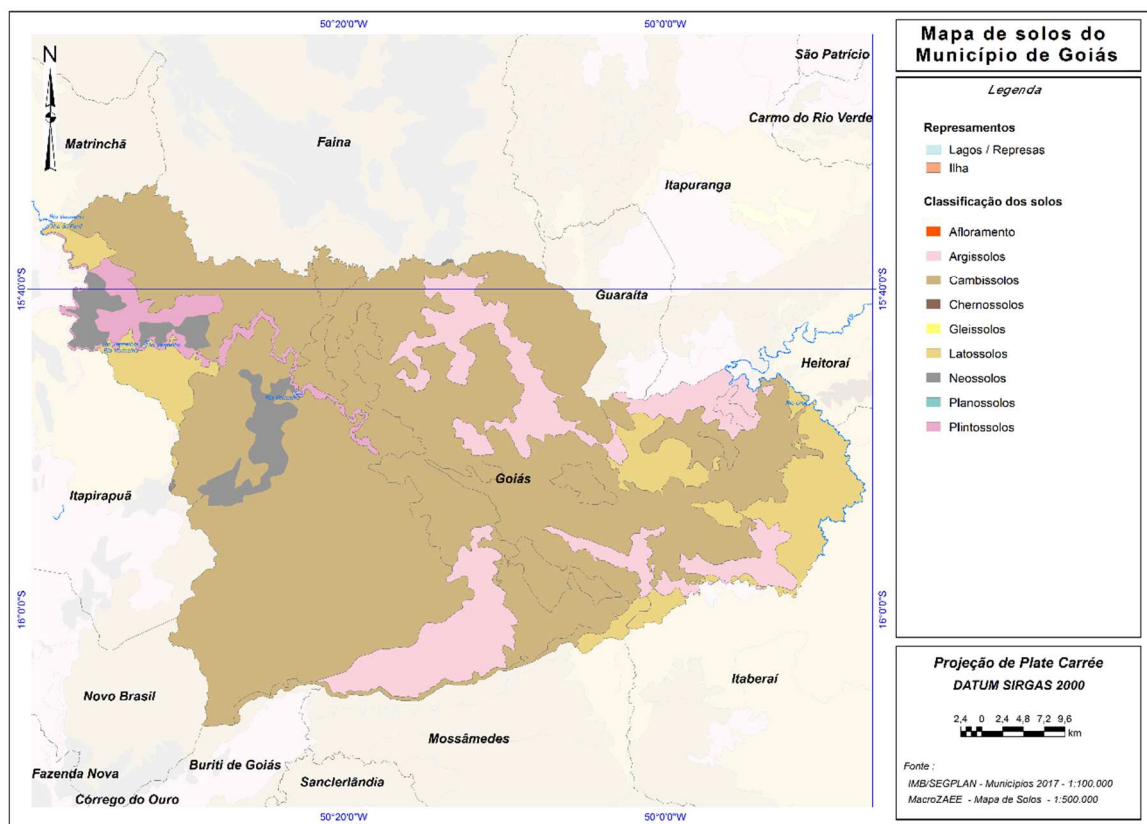


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa de solos do Município de Goiás

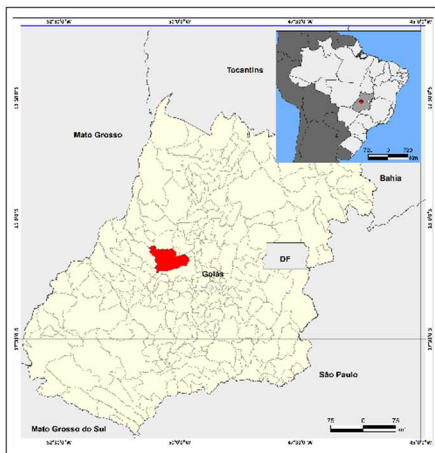


Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Sobrepondo os mapas geológico, geomorfológico, de solos e das unidades fisionômicas obtém-se o mapa da vulnerabilidade dos solos do município. Observa-se a seguinte classificação: (I) áreas vulneráveis: apresentam altíssima dissecação, com altimetrias maiores de 141,5 m e declividades superiores a 34,6%; (II) áreas moderadamente vulneráveis: regiões onde há grande dissecação, com altimetrias que variam de 132 a 170 m e declividades que variam de 32,1 a 42,4%; (III) áreas medianamente estáveis/vulneráveis: locais onde há o equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, que apresentam altimetrias variando entre 84,5 e

132 m e declividades entre 19,8 e 32,1%; (IV) áreas moderadamente estáveis: nestas regiões há o predomínio da pedogênese. São poucas dissecadas, apresentando variações altimétricas entre 39 e 84,5 m e declividades entre 10,3 e 19,8% (Figura 106) (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Figura 106 – Mapa de vulnerabilidade à perda de solo do Município de Goiás.

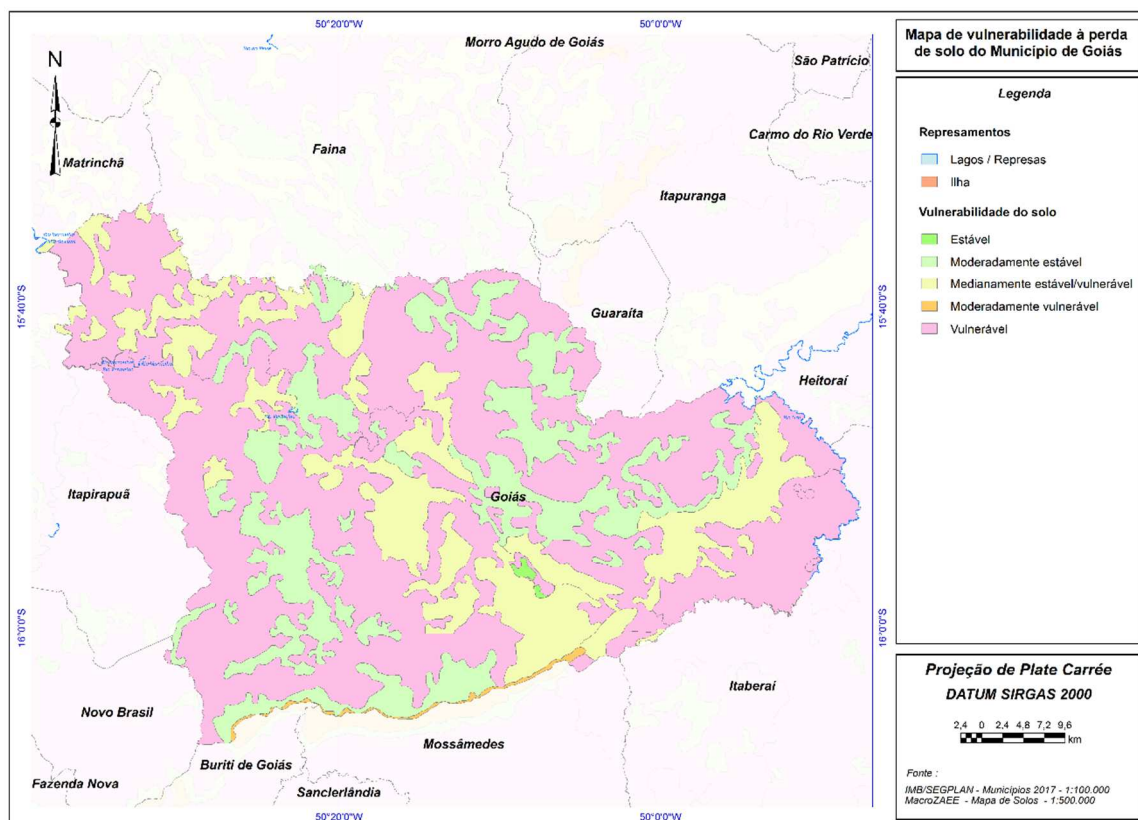


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa de vulnerabilidade à perda de solo do Município de Goiás.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Ressalta-se que na região ocorrem depósitos aluvionares, que são solos e sedimentos inconsolidados transportados por rios, encontrados nos leitos, margens e planícies de inundações dos rios e drenagens. Esses depósitos quando arenosos possuem elevada

condutividade hidráulica, e os argilosos possuem alta compressibilidade e baixa resistência caracterizando-os como unidades desfavoráveis à disposição de resíduos (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

e) **Clima**

O Município de Goiás está inserido na zona climática Tropical Brasil Central, definida por Ab'Sáber (2010, p. 329-333) como sendo a área “core” do domínio morfoclimático do Cerrado.

Mendonça (2007, p. 167-177) explica que devido à complexidade deste grande domínio climático, faz-se necessário abordá-lo a partir de seus quatro subtipos: Tropical Brasil Central sem seca; Tropical Brasil Central com um a três meses secos; Tropical Brasil Central com quatro a cinco meses secos; e Tropical Brasil Central com seis a oito meses secos. O Município de Goiás está inserido no subtipo Tropical Brasil Central com quatro a cinco meses secos (MENDONÇA, 2007, p. 167-177).

Este subtipo apresenta como principal característica uma redução dos totais pluviométricos durante a estação de inverno prolongada (MENDONÇA, 2007, p. 167-177).

Entre maio e setembro forma-se um período de considerável estiagem. O trimestre de junho, julho e agosto caracteriza-se pelos mais baixos índices pluviométricos médios, que podem ser observados no quadro 17, destacados na cor vermelha.

As chuvas geralmente são concentradas no verão prolongado, de outubro a abril, no qual o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro é o mais úmido, conforme apontado no Quadro 17, destacado na cor azul.

Quadro 17 - Precipitação acumulada mensal e anual (mm) no Município de Goiás entre 1961-1990.

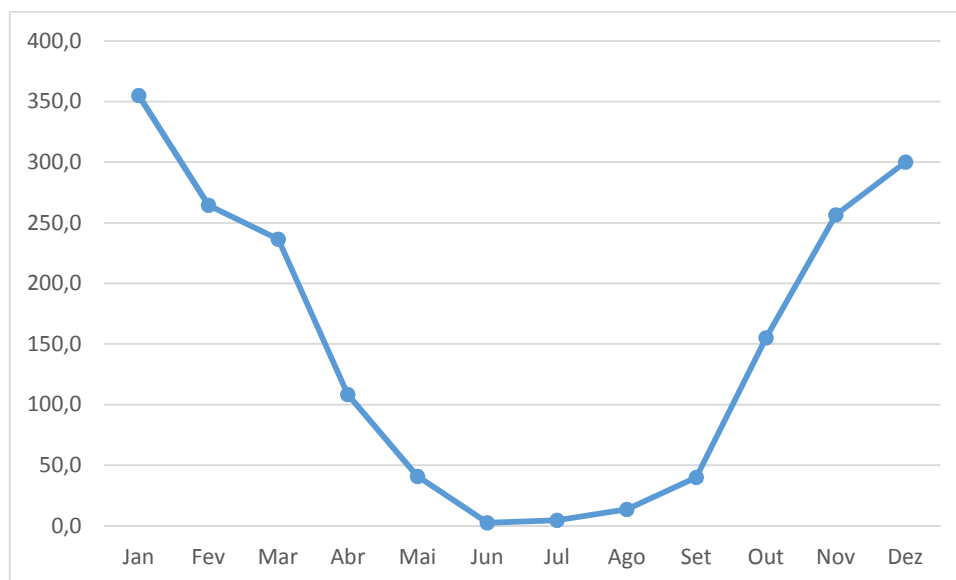
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
355,1	264,4	236,5	108,3	40,9	2,6	4,7	13,5	39,9	155,2	256,5	300,2	1777,8
Observação: valores referentes às Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.												

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

Mendonça (2007, p. 174) explica que “as médias térmicas mensais evidenciam a formação de dois períodos distintos: primavera e verão quentes, particularmente os meses de setembro e outubro, e o inverno com uma pequena queda térmica”.

A Figura 107 apresenta os dados elencados no Quadro 17 em um gráfico, onde a alternância entre o período seco e o chuvoso no Município de Goiás pode ser visualizada com muita clareza.

Figura 107 – Precipitação acumulada mensal (mm) entre 1961-1990.



Observação: Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

Nos meses de maio a julho ocorrem as temperaturas mais baixas. As temperatura médias mínimas estão destacadas no Quadro 18 na cor azul.

Quadro 18 – Temperatura mínima (°C), no Município de Goiás entre 1961-1990.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
20,6	20,6	20,7	20,1	18,6	17,0	17,1	19,0	21,0	21,1	20,8	20,7	19,8

Observação: valores referentes às Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

O período de temperaturas mais elevadas ocorre nos meses de agosto a outubro. As temperaturas médias máximas encontram-se destacadas no Quadro 19 na cor vermelha.

Quadro 19 – Temperatura máxima (°C), no Município de Goiás entre 1961-1990.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
30,9	31,3	32,0	32,4	31,9	31,6	31,9	34,2	34,6	32,7	31,5	30,9	32,2

Observação: valores referentes às Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

O Quadro 20 apresenta as temperaturas médias compensadas medidas no Município de Goiás, segundo a série histórica das Normais Climatológicas do Brasil, no período compreendido entre 1961-1990.

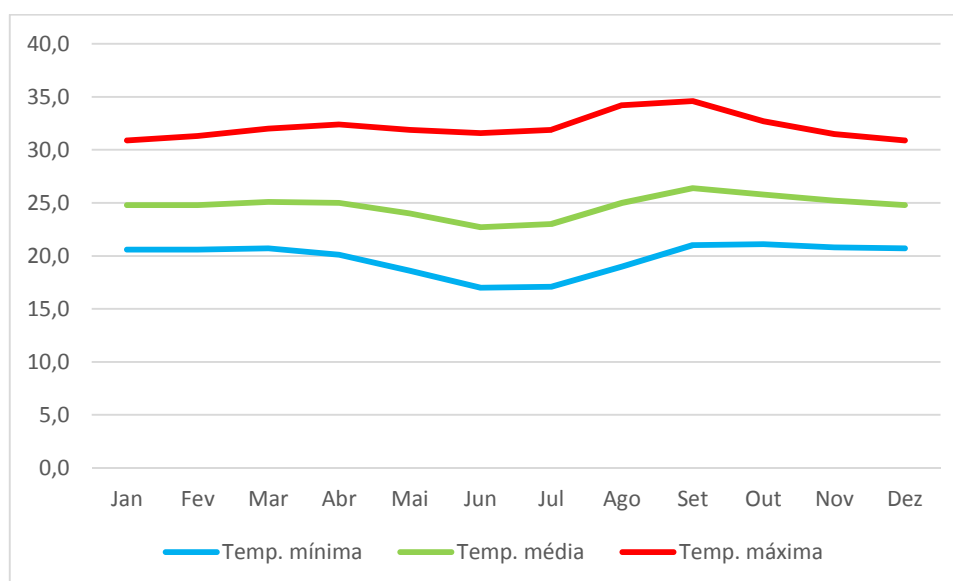
Quadro 20 – Temperatura média compensada (°C), no Município de Goiás entre 1961-1990.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
24,8	24,8	25,1	25,0	24,0	22,7	23,0	25,0	26,4	25,8	25,2	24,8	24,7

Observação: valores referentes às Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

A Figura 108 apresenta em um único gráfico as temperatura mínimas e máximas, bem como as temperaturas médias compensadas, segundo a série histórica das Normais Climatológicas do Brasil, no período compreendido entre 1961-1990.

Figura 108 – Comportamento da temperatura no Município de Goiás entre 1961-1990.

Observação: Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

A umidade relativa do ar apresenta uma variação sazonal significativa, chegando a valores extremamente baixos no período seco. No período das chuvas (dezembro a março) os índices de umidade se elevam chegando a índices superiores a 75%, conforme indicado na cor azul no Quadro 21.

Quadro 21 – Umidade relativa do ar média compensada (%), no Município de Goiás entre 1961-1990.

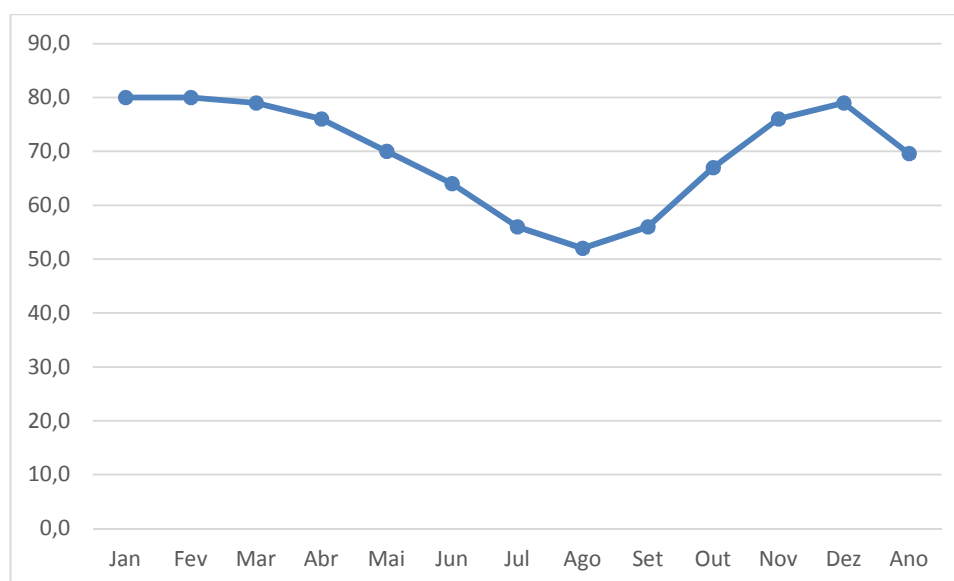
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
80,0	80,0	79,0	76,0	70,0	64,0	56,0	52,0	56,0	67,0	76,0	79,0	69,6

Observação: valores referentes às Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

A Figura 109 apresenta um gráfico referente à umidade relativa do ar média compensada, segundo a série histórica das Normais Climatológicas do Brasil, no período compreendido entre 1961-1990.

Figura 109 – Umidade relativa do ar média compensada (%), no Município de Goiás entre 1961-1990.

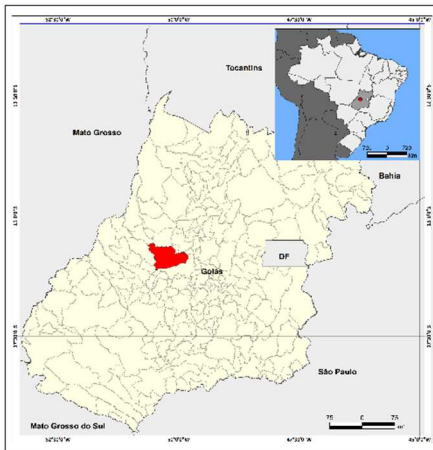


Observação: Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2019).

A Figura 110 mostra a localização do Município de Goiás na zona climática Tropical Brasil Central, de acordo com a classificação de Nimer (1989).

Figura 110 – Mapa dos aspectos climáticos no Município de Goiás, considerando a classificação de Nimer.

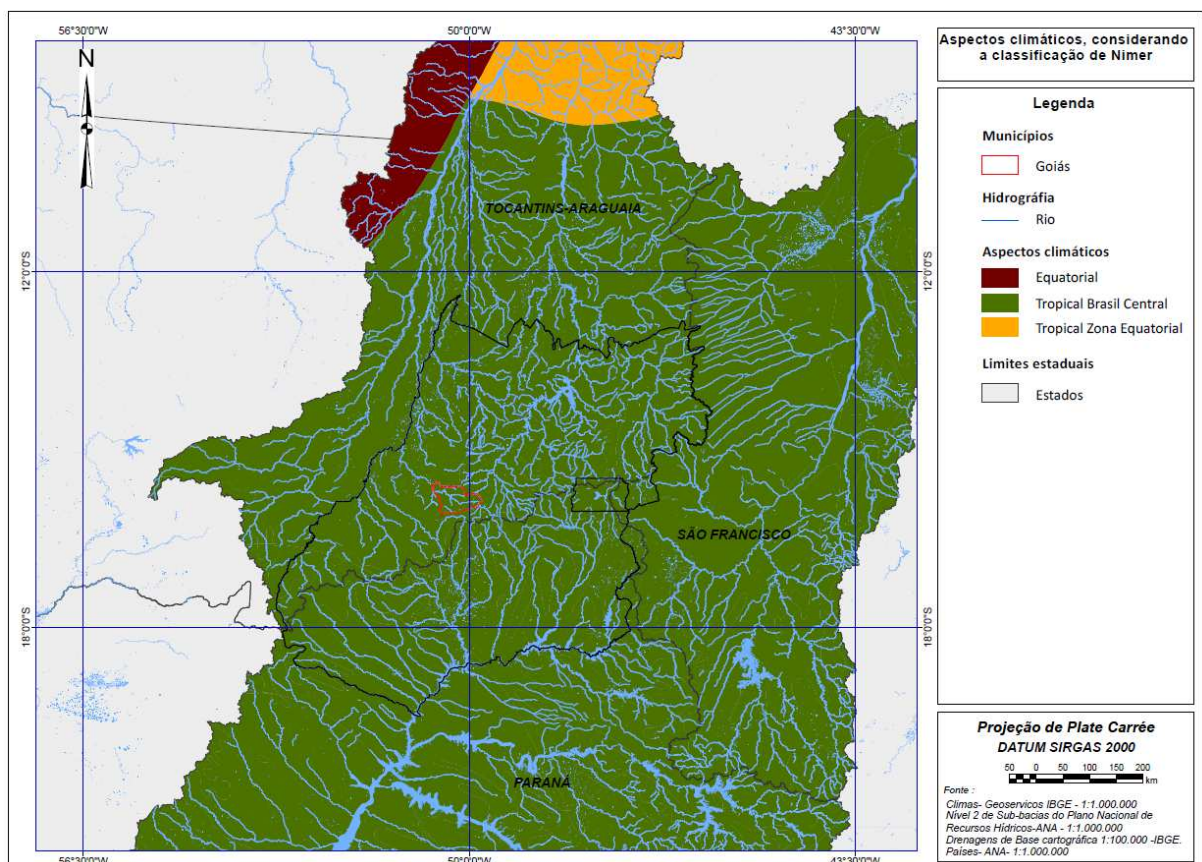


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa dos aspectos climáticos, considerando a classificação de Nimer. O Município de Goiás localiza-se na Zona Tropical Brasil Central.



Fonte: adaptado de Nimer (1989).

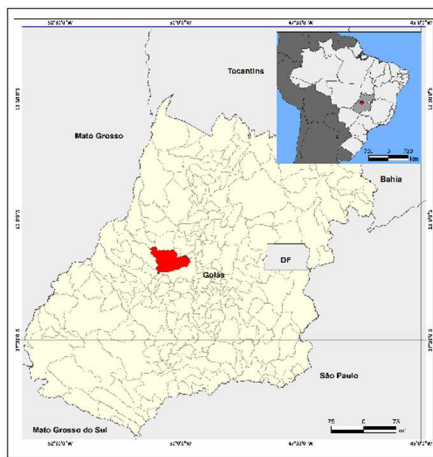
a) Hidrografia

No Estado de Goiás ocorrem três grandes Regiões Hidrográficas (RH)³⁷: São Francisco, Paraná e Tocantins/Araguaia. A RH do São Francisco situa-se na porção leste do estado. Ocupa uma área de 4.470,155 km², o que perfaz um montante de 1,29% do somatório do território de

³⁷ Regiões Hidrográficas (RH) correspondem a áreas drenadas por uma ou mais bacias hidrográficas.

Goiás e Distrito Federal. A RH do Paraná localiza-se na porção centro-sul do estado, ocupando 145.073,753 km², o que perfaz 41,82% do referido somatório. A RH Tocantins/Araguaia é representada pelos cursos d'água que vertem no sentido sul-norte, destacando-se como tributários principais os rios Araguaia e Tocantins. Ocupa uma área de 197.323,744 km², representando 56,89% do somatório do território de Goiás e Distrito Federal (ALMEIDA, 2006, p. 121-128). O Município de Goiás está localizado na porção sudeste da RH Tocantins-Araguaia (Figura 111).

Figura 111 – Regiões Hidrográficas no Estado de Goiás.

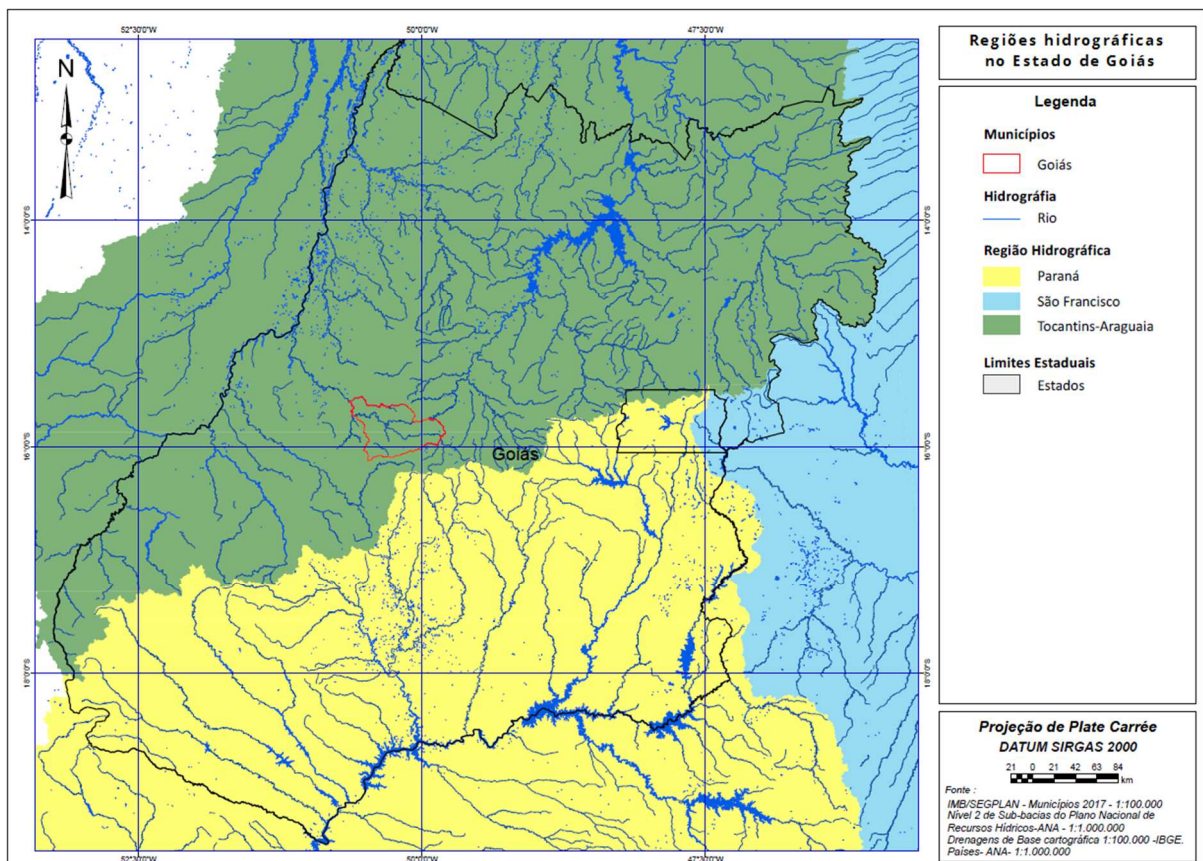


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

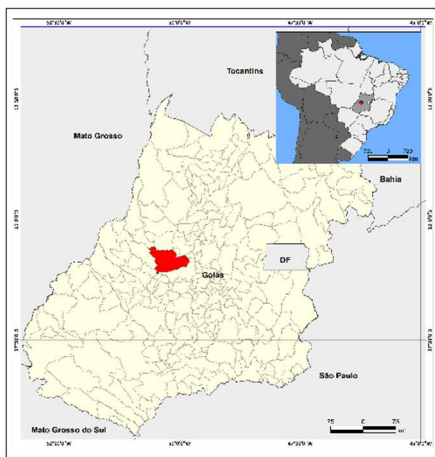
Mapa destacando as Regiões Hidrográficas existentes no Estado de Goiás. O Município de Goiás está situado na RH Tocantins-Araguaia.



Fonte: adaptado de Almeida (2006, p. 121).

Considerando a codificação de bacias hidrográficas pelo método de Otto Pfasterter (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2014), identifica-se no território do município sete bacias hidrográficas pertencentes a esta região, são elas: (1) Rio Ferreira; (2) Rio Uru; (3) Rio do Bugre; (4) Foz do Rio Itapirapuã/Córrego da Onça; (5) Rio Itapirapuã a montante da foz do Rio Taquaral; (6) Rio Vermelho – foz do Rio Ferreira/Rio Itapirapuã; e (7) Rio Vermelho a montante da foz do Rio Bugre, onde está assentada a área urbanizada (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 112).

Figura 112 – Mapa das bacias hidrográficas pelo método de Otto Pfasterter do Município de Goiás.

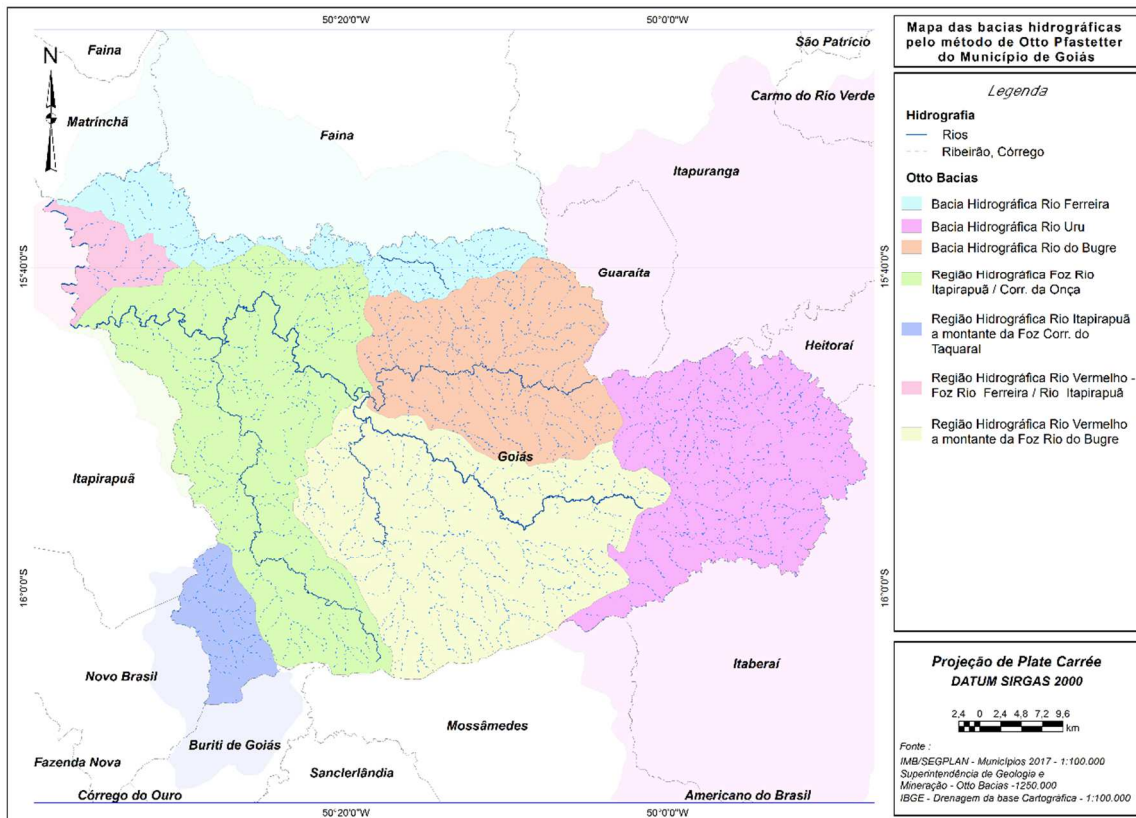


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa das bacias hidrográficas pelo método de Otto Pfasterter do Município de Goiás.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Os principais cursos d'água são o Rio Uv, o Bugre e o Vermelho. Este último atravessa a área urbanizada do Município de Goiás, mais notadamente o seu Centro Histórico, tanto conferindo-lhe beleza cnica, quanto representando um fator de risco, visto que mais de uma vez a cidade enfrentou enchentes significativas, registradas desde 1782. As mais recentes e significativas ocorreram em 1981 e em dezembro de 2001. Esta última danificou o Centro Histórico da cidade, afetando mais de 100 edifícios. Foi analisado o comportamento do sistema e a explicação é a seguinte (LATRUBESSE, 2006, p. 95-96):

O regime hidrológico do rio Vermelho está caracterizado por picos definidos de enchentes e vazantes acompanhando em parte as precipitações da região. Os picos de cheias, nesta estao hidrológica, ocorrem entre os meses de dezembro e março e o período de estiagem entre julho e setembro, se constituindo em um regime relativamente simples com uma temporada de cheias e outra de seca que está em conformidade com o clima da bacia. [...] As enchentes no Município de Goiás não são geradas por um processo antropicamente induzido por desmatamento ou uso inadequado da terra, mas sim, um processo natural do sistema e vão continuar afetando a cidade caso não seja elaborado um estudo integrado de manejo da bacia e de minimização sustentada do risco de enchentes.

O padrão de drenagem dos cursos d'água do município é predominantemente dendrítico, com ocorrências pontuais dos padrões radiais, paralelo e retangular (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018) (Figura 112).

O grupo de aquíferos do Município de Goiás pertence ao domínio fraturado em função do tipo de porosidade predominante, sendo subdivididos em sistemas, em virtude da disponibilidade de informações sobre as variações litológicas e estruturais dos conjuntos litoestratigráficos associados (Figura 113) (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

O sistema de aquífero predominante é o Cristalino Noroeste, formado por granitos e gnaisses (ALMEIDA, 2006, p. 146-147); em seguida o sistema de aquíferos Greenstone Belt constituído por metavulcânicas e metassedimentares (ALMEIDA, 2006, p. 148). Constituídos por xistos estão os sistemas de aquífero Araxá e o sistema de aquífero Serra da Mesa, localizado na região da Serra Dourada (ALMEIDA, 2006, p. 151-152) (Figura 113).

Figura 113 – Mapa dos sistemas de aquíferos do Município de Goiás.

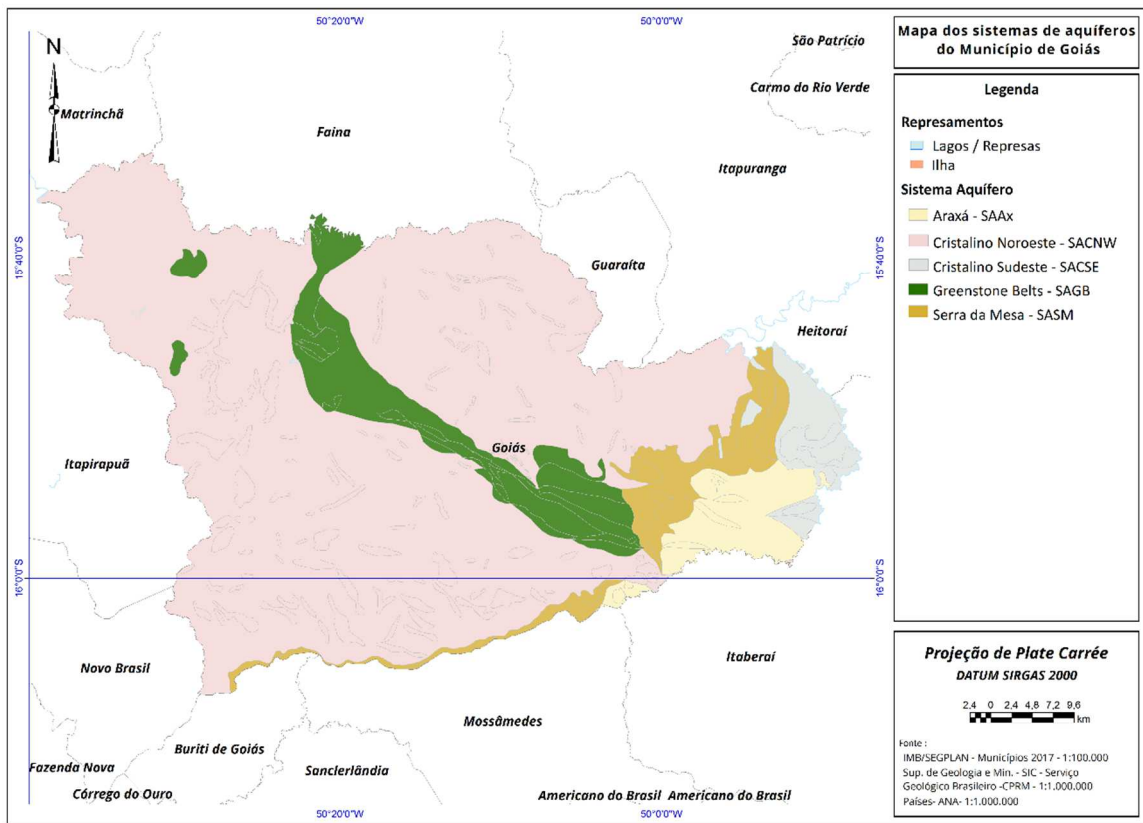


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

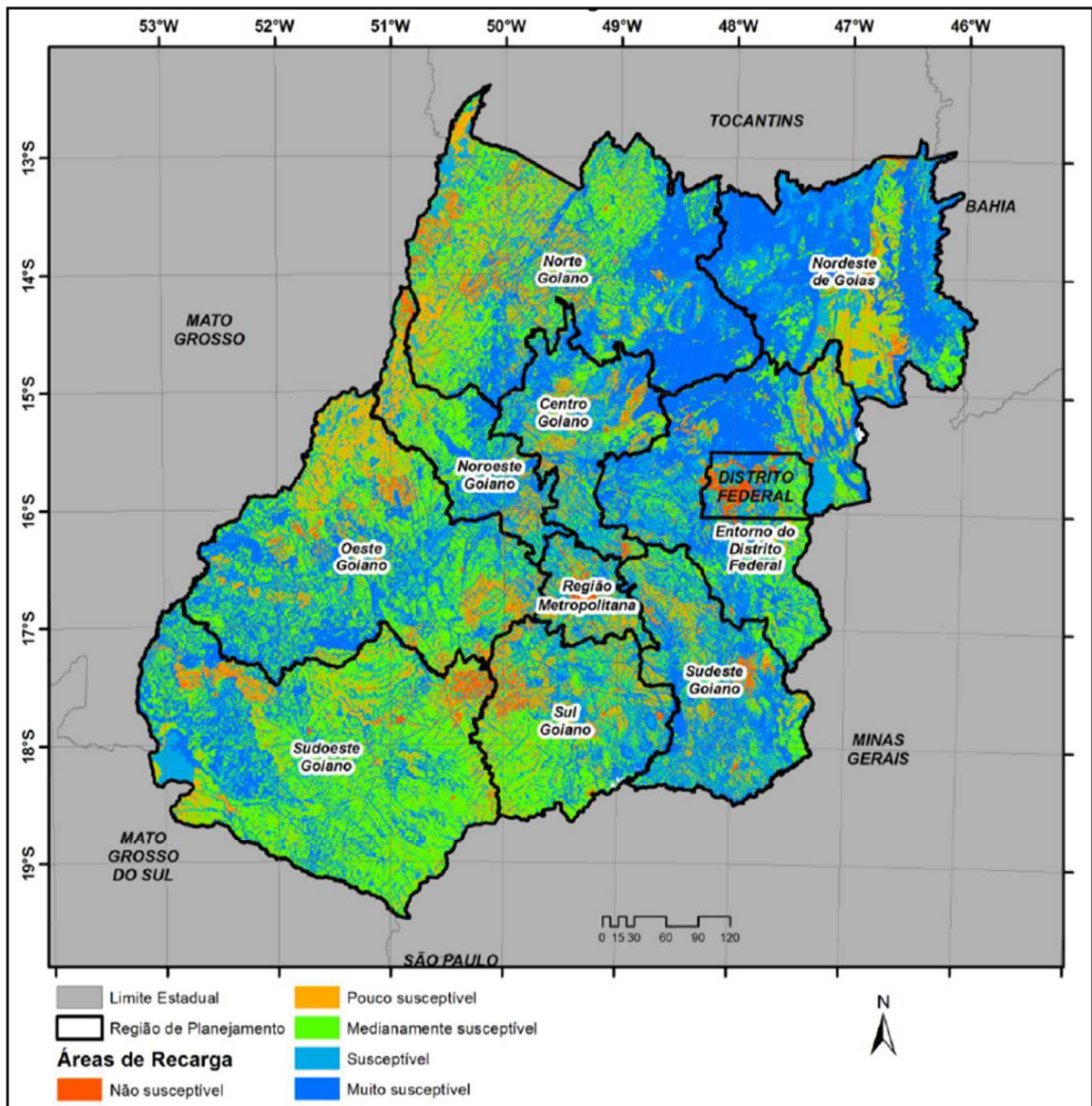
Mapa dos sistemas de aquíferos do Município de Goiás



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

No âmbito da elaboração do PERS de Goiás foi feito um mapa de susceptibilidade à recarga hídrica e à contaminação das águas subterrâneas no Estado de Goiás, a partir das informações referentes à declividade do terreno, aos tipos de solos, aos usos do solo e à geologia (Figura 114).

Figura 114 – Mapa de susceptibilidade à recarga hídrica e à contaminação das águas subterrâneas no Estado de Goiás.



Fonte: Estado de Goiás (2015, p. 21).

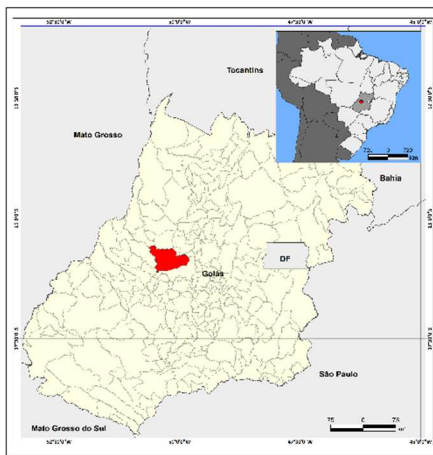
Considerou-se que as áreas com maior susceptibilidade para a recarga de recursos hídricos seriam aquelas onde: (I) o relevo é plano, pois nelas o escoamento superficial é menor; (II) os solos possuem textura mais grossa, o que torna o processo de recarga mais fácil; e (III) o uso do solo que permite a recarga hídrica, ou seja, áreas cobertas com vegetação nativa remanescente são mais susceptíveis, áreas densamente urbanizadas são menos susceptíveis.

Também foram consideradas as falhas geológicas e os terrenos de formação cársticas (localizados principalmente na região nordeste do Estado de Goiás). A integração espacial de todas estas informações resultou em um mapa dividido em cinco categorias (Figura 114).

O Município de Goiás, de acordo com o mapa de susceptibilidade à recarga hídrica e à contaminação das águas subterrâneas no Estado de Goiás, enquadra-se em duas categorias: (I) áreas susceptíveis à recarga hídrica; e (II) áreas muito susceptíveis à recarga hídrica.

No que se refere aos recursos hídricos, no Município de Goiás, predominam os seguintes usos: abastecimento público e insumo de processos produtivos na agricultura e na pecuária (Figura 115).

Figura 115 – Mapa dos recursos hídricos do Município de Goiás.

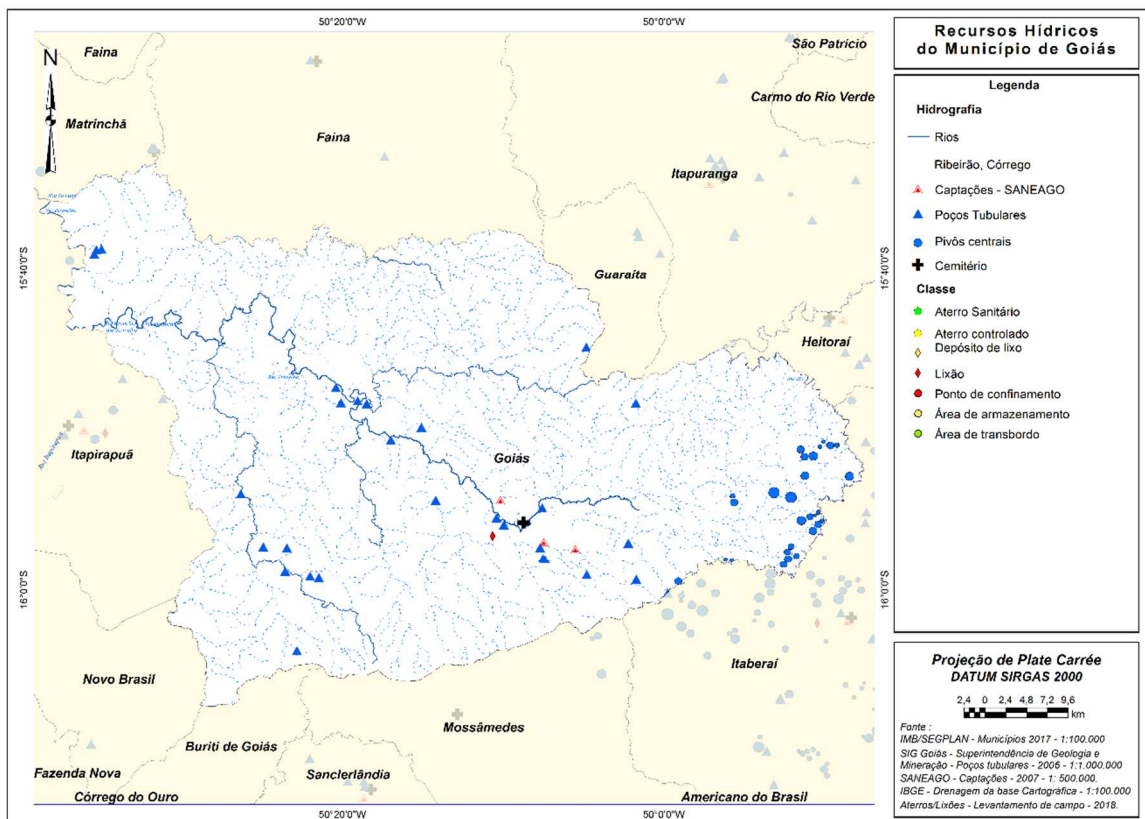


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:

Mapa dos recursos hídricos do Município de Goiás e localização dos principais tipos de uso dos recursos hídricos.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Para o abastecimento público existem três captações de água que se encontram inseridas na rede hidrográfica do Rio Vermelho a montante da foz do rio Bugre (Figura 115). São elas: (I) Manancial Córrego Bacalhau primeira captação; (II) Manancial Córrego Bacalhau segunda captação; e (III) Manancial Pedro Ludovico. A captação I está em área de Cerrado. As captações II e III estão localizadas em áreas de pastagens. Foram identificados, também, três poços tubulares profundos, sendo um atendendo ao Distrito de Uvã, outro ao Distrito de Davidópolis e o último próximo ao Distrito de Buenolândia (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Quanto à disponibilidade dos recursos hídricos no Município de Goiás, em época de estiagem prolongada, nos últimos anos, vem ocorrendo falta de água para abastecimento público e nas propriedades rurais.

Isto significa que é preciso preservar e cuidar dos corpos hídricos tanto no que se refere à quantidade disponível, quanto à qualidade. Além das disputas pelo uso da água na área rural, que pode comprometer a disponibilidade hídrica, o Município de Goiás possui dois locais a serem monitorados: o Cemitério São Miguel e o lixão municipal (Figura 115).

O Cemitério São Miguel, fundado em 1858, enquadra-se no grupo daqueles que foram construídos e são operados sem a observância de normas e padrões ambientais. Localiza-se na área urbana, em uma região de cambissolo, e a distância mais próxima do Rio Vermelho é de 550 m (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Do ponto de vista da Engenharia Ambiental, cemitérios são locais de disposição final de resíduos sólidos predominantemente orgânicos e apresentam risco de contaminação ambiental. O principal contaminante, o necrochorume, é gerado pela decomposição dos corpos.

O lixão municipal é um problema ainda mais complexo. No PERS de Goiás analisou-se a relação entre a localização geográfica das áreas de disposição final de resíduos sólidos e as bacias de abastecimento público de água, em todas as regiões de planejamento do Estado de Goiás. Observa-se na Figura 116 que todo o território do Município de Goiás está inserido na bacia de captação da região de planejamento Noroeste Goiano.

Os mananciais de abastecimento de água são altamente susceptíveis à poluição disseminada na bacia hidrográfica a qual pertencem. Junte-se a isto o fato de que as áreas mais susceptíveis à recarga hídrica são também aquelas mais vulneráveis à contaminação das águas subterrâneas. Quando a disposição de resíduos sólidos é tecnicamente irregular, existe uma grande possibilidade das águas subterrâneas apresentarem contaminação.

Assim sendo, a situação do Município de Goiás é de alerta, uma vez que o lixão está localizado em áreas susceptíveis à recarga hídrica (Figura 114) e dentro da bacia de captação da região de planejamento Noroeste Goiano (Figura 116).

f) Fauna e flora

O Município de Goiás está inserido no Bioma Cerrado, que localiza-se predominantemente no Planalto Central do Brasil e ocupa uma área de 2.036.448 km², constituindo-se na segunda maior formação vegetal brasileira, representando 22% do território nacional. O Bioma Cerrado abrange os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal e algumas manchas no Amapá, Roraima e Amazonas (ALHO e MARTINS, 1995, p. 13). Portanto, a fauna e a flora do município são aquelas descritas para o Bioma Cerrado.

Há no Bioma Cerrado cerca de 2.500 espécies de vertebrados identificados, sendo mamíferos, aves, répteis, anfíbios e peixes. Apesar da riqueza em número de espécies há um índice relativamente baixo de endemismo de vertebrados na região, o que não se verifica para a fauna de invertebrados que, ao contrário, apresenta alto grau de endemismo (ALHO e MARTINS, 1995, p. 42-46).

A fauna do Município de Goiás, embora reduzida em função do uso e ocupação do solo, ainda pode ser avistada nas áreas rurais, nas unidades de conservação e até mesmo no ambiente urbano, caso de algumas espécies de pássaros que são atraídos pelos quintais com árvores frutíferas, como os tucanos, por exemplo.

A vegetação do Cerrado caracteriza-se por quatro tipos de formas fisionômicas: (I) o campo limpo, um tipo de vegetação rasteira onde não ocorrem arbustos e árvores; (II) o campo sujo, uma vegetação campestre na qual predominam plantas rasteiras; (III) o Cerrado stricto sensu, encontrado em uma porção intermediária entre o campo sujo e o cerradão; e (IV) o cerradão, que se assemelha a uma mata devido à presença de um número significativo de árvores de grande porte (ALHO e MARTINS, 1995, p. 15-16). Percorrendo o espaço e observando as paisagens do município, identifica-se todas estas formas fisionômicas.

A área urbanizada do município é emoldurada por murraria coberta pela vegetação característica do Cerrado. Nas matas, por vezes bem próximas das estradas de acesso e até mesmo da cidade, encontram-se frutos como o pequi, a mangaba e o caju do campo, muito apreciados pela população local e usados na culinária regional.

Do alto do morro onde está a Igreja de Santa Bárbara, à esquerda do observador que está de frente para a área urbana, vê-se o Morro das Lajes, de onde foram retiradas as rochas usadas no calçamento do Centro Histórico da cidade. Devido à redução da extração de rochas, a cobertura vegetal vem se recompondo (RIZZO, 2008).

Prosseguindo, vê-se o Morro Cantagalo e o Morro São Francisco, separados pelo Rio Vermelho, em cujas margens ocorrem formações florestais, onde ainda se encontra exemplares de aroeira, angico e cedro (RIZZO, 2008).

Mas adiante, olhando na direção da saída para Goiânia, avista-se a Serra Dourada, onde ocorrem formações rupestres (RIBEIRO e WALTER, 1998). Na Figura 117 observa-se uma vista panorâmica da Serra Dourada.

Figura 117 – Vista panorâmica da Serra Dourada.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A flora da Serra Dourada é muito interessante e tem como destaque o pau-papel ou papiro, espécie endêmica, considerada a árvore-símbolo de Goiás (RIZZO, 2008). A Universidade Federal de Goiás (UFG) mantém uma reserva biológica na Serra Dourada, onde há laboratórios e alojamentos, que permitem o desenvolvimento de atividade de ensino, pesquisa e extensão. A flora do município constitui-se, dentre outras, das espécies descritas no Quadro 22.

Quadro 22 – Espécies do Cerrado encontradas no Município de Goiás.

Nome popular	Nome científico
Angico	Anadenanthera peregrina (L.) Speg
Arnica***	Lychnophora ericoides Mart.
Aroeira	Myracrodruon urundeuva Fr. All
Buriti*	Mauritia flexuosa L. f.
Cagaita**	Eugenia dysenterica DC.
Caju**	Anacardium humile St. Hil.
Carobinha	Jacaranda ulei Cham.
Cedro	Cedrela fissilis Vel.
Cega-machado	physocalymma scaberrimum Pohl
Douradinha***	Palicourea coriacea (Cham.) Schum
Esgorrega-macaco	Vochysia haenkeana Mart.
Flor-do-cerrado	Calliandra dysantha Benth.)
Fruta-de-lobo ou lobeira	Solanum lycocarpum St. Hil.
Guariroba ou gueroba**	Syagrus oleracea (Mart.) Becc.
Imbiruçu	Pseudobombax longiflorum (Mart. et Zucc.) A. Robyns)
Ipê-amarelo-da-mata	Tabebuia serratifolia (Vahl.) Nichols
Ipê-do-cerrado	Tabebuia aurea (manso) Benthahn & Hooker
Ipê-roxo	Tabebuia impetiginosa (Mart. ex DC.) Standl.
Ipezinho-do-cerrado	Arrabidaea brachypoda (DC.)
Jatobá-do campo	Hymenaea stagnocarpa Mart. ex Hayne
Macaúba*	Acorcomia aculeata (Jacq.) Lodd.
Mangaba**	Hancornia speciosa Gómez
Pau-de-leite ou tiborna	Himatanthus obovatus (M. Arg. (Woods)
Pau-papel ou papiro	Tibouchina papyrus (Pohl) Toledo
Pau-santo	kielmera coriacea (Spr.) Mart.
Pequi**	Caryocar brasiliense Camb.
Rabo-de-tatu***	Centrosema bracteosum Benth.
Sucupira***	Pterodon emarginatus Vog.
Velame-do-campo	macrophytonia velame (St. Hil.) Mart.
Vinhático	Plathymenia reticulada Benth.
(*) Palmeiras do Cerrado; (**) Empregadas na culinária goiana; (***) Plantas medicinais.	

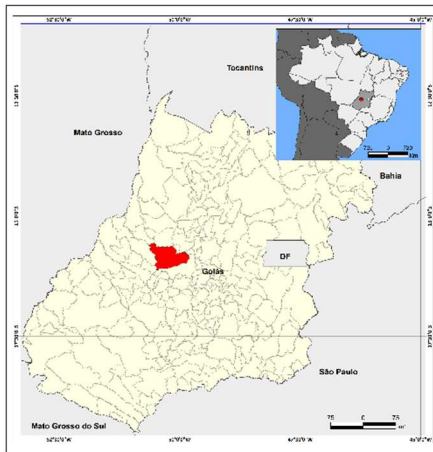
Fonte: Rizzo (2008).

g) Uso e ocupação do solo.

No que se refere ao uso e ocupação dos solos do Cerrado, a partir de meados da década de 1970, foram implementadas políticas públicas de incentivo ao setor agropecuário. Paralelamente, ocorreram avanços tecnológicos, viabilizando novas formas de exploração. Desde então, gradativamente, a paisagem natural vem sendo substituída pela paisagem antrópica (ALHO e MARTINS, 1995, p. 18-22). O Município de Goiás se enquadra neste cenário.

Na Figura 118 observa-se a seguinte distribuição: a área de pastagens predomina em 38% do território municipal, seguida da área de agricultura ou pastagem com 28%. As formações florestais ocupam 22% da área total. Na região leste e sudeste do município, encontra-se áreas utilizadas para a agricultura irrigada por pivôs centrais. Na porção norte, ocorre a savana arborizada com floresta de galeria, em contato com a savana arborizada sem floresta de galeria. Formando um longo corredor de direção noroeste-sudeste, localiza-se a savana florestada. Na região da Serra Dourada ocorre a savana parque sem floresta de galeria (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Figura 118 – Mapa de uso e ocupação do solo do Município de Goiás.

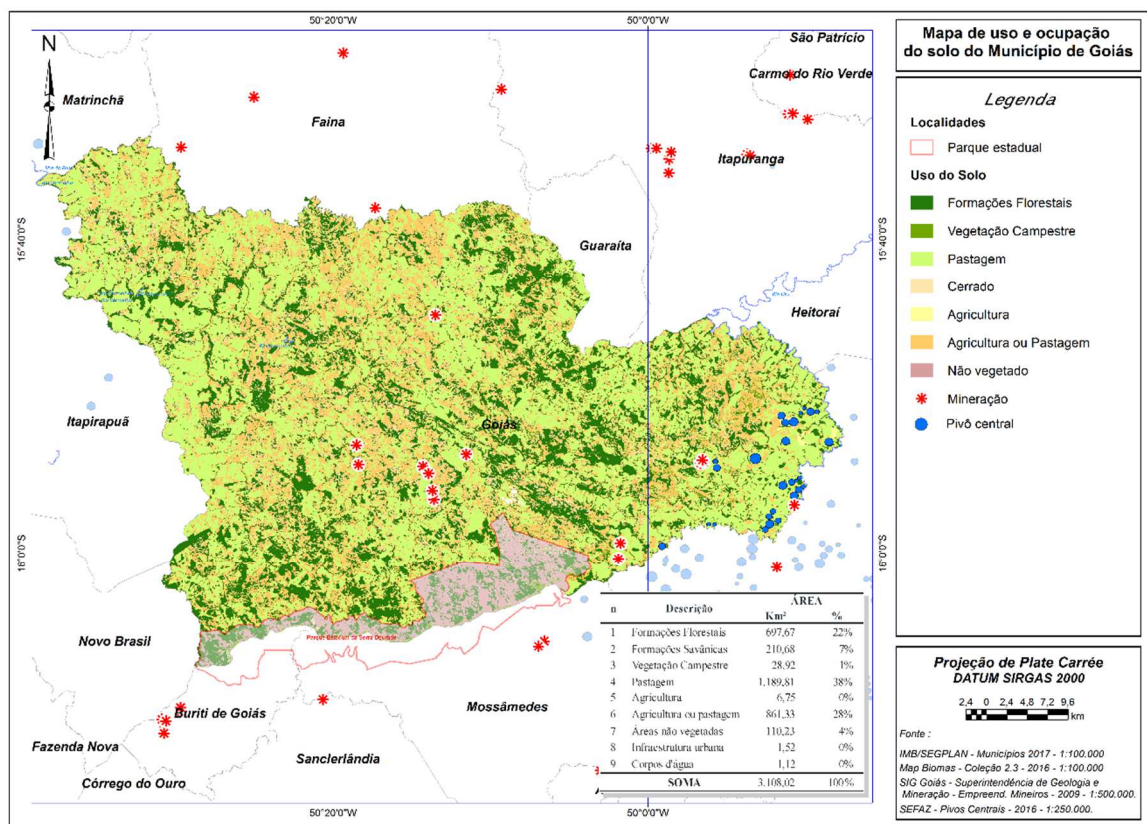


Ao lado:

Localização do Município de Goiás no Estado de Goiás e em relação ao território nacional.

Abaixo:





Mapa de uso e ocupação do solo do Município de Goiás.



Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Apesar da predominância das áreas de pastagens e de agricultura, existem unidades de conservação relacionadas ao município, geridas pelo Estado de Goiás, criadas para contribuir com a preservação de elementos bióticos e abióticos e com atividades educativas. Há também o Parque Municipal Natural da Estrada Imperial, criado e gerido pelo Município de Goiás para preservar o caminho que ligava a antiga Vila Boa de Goiás aos vilarejos de Ouro Fino e Ferreiro (Quadro 23).

Quadro 23 – Unidades de conservação relacionadas ao Município de Goiás.

Parque Estadual da Serra Dourada (PESD)		
Descrição	Unidade de proteção integral. Criado para preservar o patrimônio ecológico do Estado de Goiás (nascentes, mananciais, cachoeiras, afloramentos rochosos, e diversidade florística e faunística e belezas naturais), bem como para controlar a ocupação do solo da região.	
Instrumentos legais	Decreto Estadual nº 5.768, de 05 de junho de 2003 (ato de criação).	
Localização	Abrange os municípios de Goiás, Mossâmedes, Buriti de Goiás.	
Área	Aproximadamente 30.000 (trinta mil) hectares.	
Área de Proteção Ambiental Dr. Sullivan Silvestre (APA Serra Dourada)		
Descrição	Unidade de uso sustentável. Criada para preservar flora, fauna, mananciais, geologia e paisagismo no entorno do PESD.	
Instrumentos legais	Decreto Estadual nº 4.866, de 12 de fevereiro de 1998 (ato de criação); Decreto Estadual nº 5.169, de 28 de janeiro de 2000 (ampliação do limite); Lei Estadual nº 14.075, de 28 de dezembro de 2001 (alteração de denominação).	
Localização	Abrange os municípios de Mossâmedes e Goiás.	
Área	16.851 hectares.	
Área de Relevante Interesse Ecológico Águas de São João (ARIE São João)		
Descrição	Unidade de uso sustentável. Criada para preservar os mananciais, a flora, a fauna e o paisagismo na área de surgimento das águas sulfurosas do Distrito de São João, atração turística e consideradas medicinais.	
Instrumentos legais	Decreto Estadual nº 5.182, de 13 de março de 2000 (ato de criação).	
Localização	Municípios de Goiás, no Distrito de São João.	
Área	24,91 hectares.	
Parque Municipal Natural da Estrada Imperial		
Descrição	Parque Municipal Natural da Estrada Imperial Criado para preservar o caminho que ligava a antiga Vila Boa aos vilarejos de Ouro Fino e Ferreiro	
Instrumentos legais	Decreto Municipal nº 63, de 15 de dezembro de 2016 (ato de criação).	
Localização	Municípios de Goiás	
Área	0,67 km ²	

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA) (2018); Prefeitura Municipal de Goiás (2018).

Existem ainda muitos fragmentos bem preservados de menor dimensão, nas áreas rurais do município. Em geral são áreas de preservação permanente, reservas legais e locais de lazer e recreação que possuem cachoeiras e unidades de hospedagem.

Recentemente, o município passou a integrar o projeto nacional de trilhas de longo curso, estando inserido no eixo regional Caminho dos Goyazes (Figuras 119 e 120). Este eixo tem um percurso de aproximadamente 500 km, entre a Serra Dourada e a Chapada dos Veadeiros, passando pelo Distrito Federal. Esta trilha é composta pela soma de três trilhas

regionais, cujo primeiro trecho é o Caminho de Cora Coralina, com 302 km entre os municípios de Goiás e Corumbá de Goiás (GOIÁS TURISMO, 2018); (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2018, p. 19-37); (MENEZES, 2018); (FÉLIX, 2018).

Figura 119 – Material de divulgação do Caminho de Cora Coralina.



Fonte: Goiás Turismo (2018).

Figura 120 – Localidades do Caminho de Cora Coralina nas proximidade de Goiás.



(a) Igreja do Arraial do Ferreiro.
(Foto: Marcello Dantas)



(b) Ruínas do Arraial de Ouro Fino.
(Foto: Marcello Dantas)

Fonte: Félix (2018).

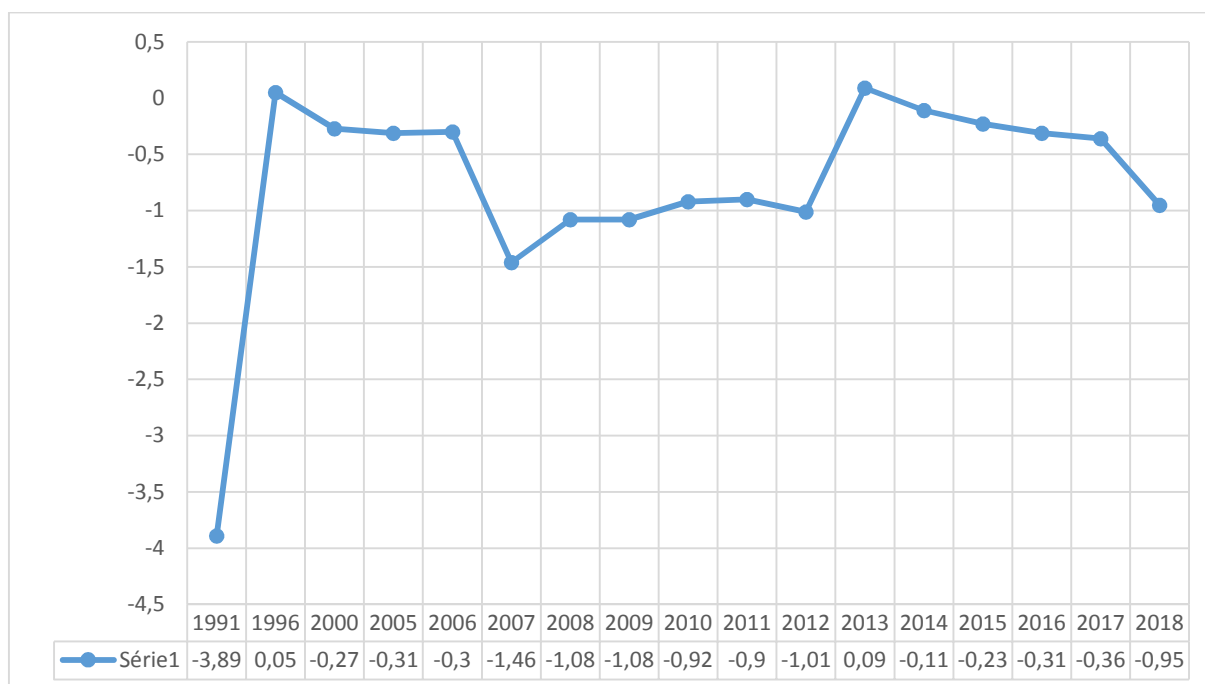
6.2.2 Aspectos antrópicos

Para a caracterização antrópica do Município de Goiás foram considerados os seguintes aspectos: população; processo de urbanização; qualidade de vida, saúde e educação; economia; e infraestrutura. Os referidos aspectos encontram-se descritos nas alíneas de “a” até “e”.

a) População

Em 2018, o Município de Goiás possuía uma população estimada de 22.916 pessoas. A população no último censo (2010), era de 24.727 pessoas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). Tem-se uma média de 2 filhos por mulher e uma esperança de vida ao nascer de 73,27 anos (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2018a). A Taxa Geométrica de Crescimento atual é negativa (- 0,95%), conforme demonstrado na Figura 121 (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2018b).

Figura 121 – Taxa Geométrica de Crescimento do Município de Goiás – 1991-2018.

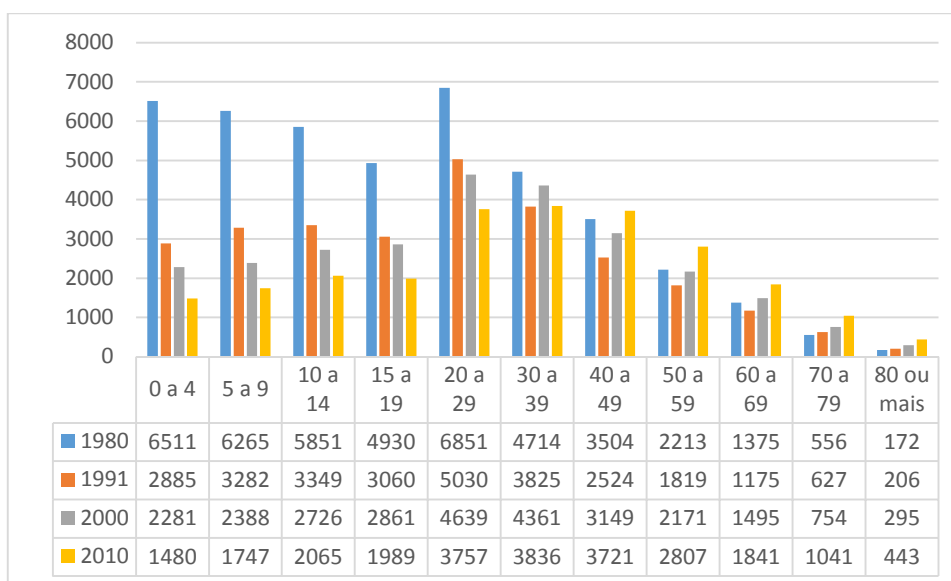


Fonte: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB) (2018b).

A Transição demográfica pela qual passa o país também é percebida no Município de Goiás. Observa-se, na Figura 122, que nos censos de 1980, 1991 e 2000 a faixa etária de 20 a

29 anos possui o maior número de habitantes. No censo de 2010 a faixa etária de 30 a 39 passa a ser o maior extrato etário, indicando o envelhecimento da população.

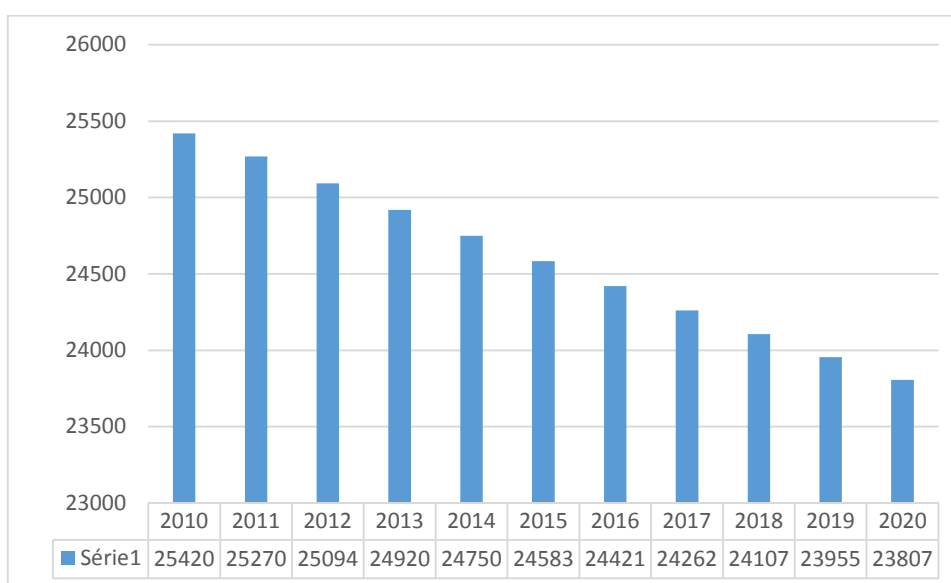
Figura 122 – Evolução etária da população do Município de Goiás – 1980-2010.



Fonte: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB) (2018b).

Os dados disponibilizados pelo IMB (2018c), referentes à projeção da população vilaboense para o período compreendido entre 2011 e 2020, apontam para uma redução da população ao longo dos próximos anos, caso não ocorra nenhum evento que modifique a tendência demonstrada no gráfico abaixo (Figura 123).

Figura 123 – Projeção da população total do Município de Goiás - 2011-2020.

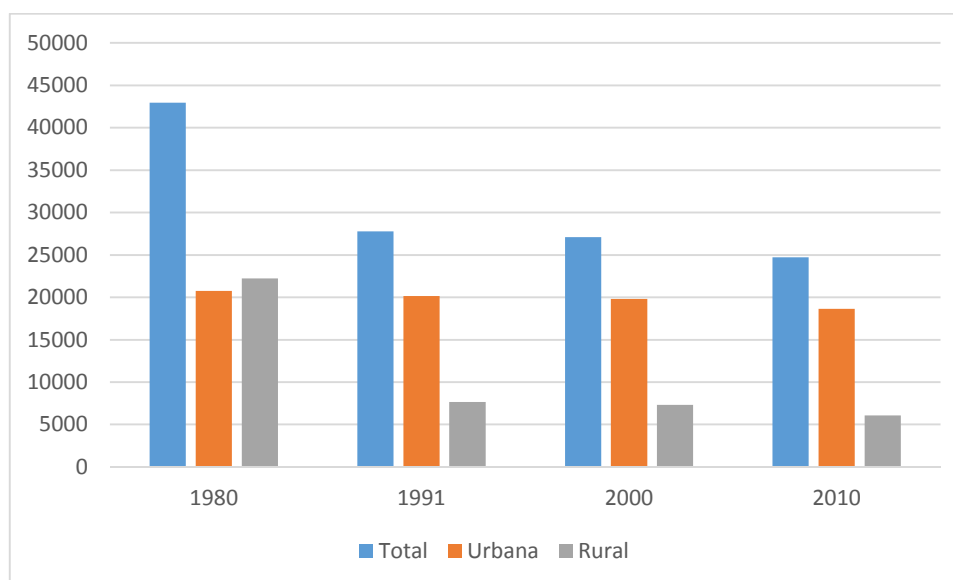


Fonte: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB) (2018c).

A densidade demográfica no Município de Goiás em 2010 era de 7,96 hab/km² (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). A taxa de urbanização em 2018 era 75,38% (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2018a).

Quanto à distribuição da população no território municipal, 25% de sua população (6089 habitantes) residia em áreas rurais e 75% (18638 habitantes) na área urbana (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010a). A Figura 124 apresenta a situação domiciliar da população do município entre 1980 e 2010.

Figura 124 – Situação domiciliar da população do Município de Goiás entre 1980 e 2010.



Fonte: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), (2018b).

A proporção da população rural do Município de Goiás é maior que a do restante do Estado de Goiás. A Prefeitura Municipal de Goiás (2018) explica que o núcleo urbano é pouco atrativo para a população rural em busca de melhor colocação no mercado de trabalho. Paralelamente, como não ocorreu significativa modernização do setor agrícola local, ainda se emprega muito a mão de obra do trabalhador rural. Outro fato é que o Município de Goiás abriga 24 assentamentos de reforma agrária (Quadro 24).

Quadro 24 – Assentamentos de reforma agrária no Município de Goiás.

Assentamento	Número de Famílias
Acaba Vida II	4
Baratinha	15
Bom Sucesso	29
Buriti Queimado	26
Dom Tomaz Balduino	65
Engenho Velho	30
Holanda	31
Lavrinha	28
Magali	8
Mata do Baú	37
Mosquito	43
Novo Horizonte	18
Padre Felipe Leddet	43
Paraíso	36
Rancho Grande	20
Retiro	23
São Carlos	155
São Domingos de Gusmão	0
São Felipe	11
São João do Bugre	9
Serra Dourada	15
União Buriti	22
Varjão	19
Vila Boa	12

Fonte: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA); Diretoria de Obtenção de Terras e Implantação de Projetos de Assentamento; Coordenação-Geral de Implantação (2019)

b) Processo de urbanização

A Prefeitura Municipal de Goiás (2018) distingue três fases no processo de urbanização: (I) as ocupações espontâneas correspondentes ao período da mineração, da qual resultou o Centro Histórico); (II) as ocupações de terras promovidas por parte da população mais pobre no entorno do núcleo histórico, muitas delas ilícitas, como por exemplo, o Alto Santana, a Vila Lions e o Bairro João Francisco; e (III) os loteamentos surgidos entre a década de 1960 e a primeira metade da década de 1990, frutos do parcelamento e incorporação de áreas rurais à

área urbana e do parcelamento de áreas públicas para fins de urbanização, tais como: Jardim Vila Boa e Setor Aeroporto.

No decorrer do tempo foi criada a legislação urbanística do município, a fim de organizar o desenvolvimento territorial urbano. Destaca-se a Lei Municipal nº 206, de 29 de agosto de 1996, que estabeleceu o Plano Diretor municipal (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 1996). Por meio da referida, instituiu-se a política urbana, o perímetro, a preservação do patrimônio histórico e natural, a locação das atividades, o parcelamento do solo e as normas para edificações e posturas do Município de Goiás.

A área urbana de Goiás é limitada à leste pela Serra de São Francisco e ao norte pela Serra de Santa Galo. Assim sendo, o crescimento da cidade se deu pelo lado oeste, saída para Itapirapuã, região dos bairros João Francisco e Setor Aeroporto; e também pelo lado sul, saída para Goiânia.

Em um estudo realizado no ano de 2007, constatou-se que Goiás possui aproximadamente 2.300 lotes vagos e vários loteamentos com ocupação inferior a 10% da área parcelada, por exemplo: Portal da Serra, Jardim das Acácias, Vila Iracy e Bawman. Assim sendo, considerando a taxa geométrica de crescimento negativa no período 2000 – 2010, o número de lotes vagos disponíveis e a dificuldade do poder público em dotar os bairros já existentes de infraestrutura básica de saneamento, calçamento das vias e demais serviços públicos básicos, percebe-se que não há necessidade de aumentar o estoque de lotes no município (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

c) Qualidade de vida, saúde e educação

A qualidade de vida de um município é apontada pelo desempenho dos indicadores sociais.

O Município de Goiás tem Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,709, sendo considerado como “desempenho alto”. Goiás está na 85ª posição entre os municípios goianos (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2018a).

A taxa de mortalidade infantil média no município é de 9.62 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 0.6 para cada 1.000 habitantes. Comparado com todos os demais municípios goianos, Goiás fica nas posições nº 145 de 246 e nº 139 de 246, respectivamente. Quando comparado a outros municípios brasileiros, a situação é a seguinte: posição nº 3.329 de 5.570, referente à taxa de mortalidade infantil; e posição nº 3.103 de 5.570

para as internações devido a diarreias (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019).

Há no Município de Goiás duas práticas de saúde relacionadas ao Saneamento Básico: o Núcleo de Controle de Vetores e o Núcleo de Vigilância de Endemias, ambos subordinados Secretaria Municipal de Saúde. Outras ações são as seguintes: o projeto “Goiás Saudável e Sustentável”, da Secretaria do Meio Ambiente, que realiza ações de Educação Ambiental; o projeto “Goiás Saudável”, um programa de segurança alimentar que promove oficinas de alimentação funcional com foco nas plantas alimentícias não convencionais; ações de inspeção e fiscalização por parte da Vigilância Sanitária com foco educativo; os programas de atenção à saúde, dentre eles o Programa de Saúde da Família (PSF) e o Núcleo Ampliado de Saúde da Família e Atenção Básica (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Não foram registrados casos de Esquistossomose, nem de Leptospirose nos últimos anos, ambas doenças altamente correlacionadas à deficiência e à ausência de Saneamento Básico. Contudo foi registrado, um aumento de morbidade³⁸ causado por diarreias, Dengue e doenças decorrentes dela (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

No que se refere ao orçamento público em saúde a Prefeitura Municipal de Goiás (2018) assume que é dependente das transferências do Sistema Único de Saúde (SUS), o que denota uma fragilidade orçamentária e um risco à continuidade da prestação de serviços públicos de saúde.

Na área educacional, tendo como referência o último Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB)³⁹, a rede pública do Município de Goiás tem o indicador de 6,5 nos anos iniciais e de 5,7 nos anos finais (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2018a). Ressalta-se que a média nacional era de 3,8 em 2005 e a meta é alcançar a pontuação 6,0 em 2022.

Ainda, segundo o IBGE (2019), Goiás possui uma taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade de 98,2, o que o coloca na 9ª posição em sua microrregião, na 246ª posição no ranking estadual e na 5570ª no ranking nacional.

Destaca-se que o Município de Goiás abriga três Instituições de Ensino Superior públicas, a saber: Universidade Estadual de Goiás (UEG) – Unidade Universitária Cora Coralina; Universidade Federal de Goiás (UFG) – Regional Cidade de Goiás; e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) – Campus Cidade de Goiás.

³⁸ Em Epidemiologia, morbidade é a taxa de portadores de determinada doença em relação à população total estudada, em um determinado local e momento.

³⁹ O Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) é um indicador que mede o fluxo escolar e as médias de desempenho nas avaliações.

d) Economia

O Produto Interno Bruto (PIB) é a soma, em valores monetários, de todos os bens e serviços finais produzidos em uma determinada região, durante um determinado período.

O PIB per capita é o produto interno bruto, dividido pela quantidade de habitantes nesta mesma região, durante o mesmo período. Segundo o IBGE (2019) o PIB per capita no Município de Goiás, em 2016, era de R\$ 16.933,45, colocando-o na posição nº 69 dentre os municípios goianos, considerando um total de 246 posições.

O Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos compõem o cálculo do PIB. Observando este valor para cada setor da economia municipal é possível perceber a participação de cada um deles no PIB do Município de Goiás, conforme demonstrado no Quadro 25.

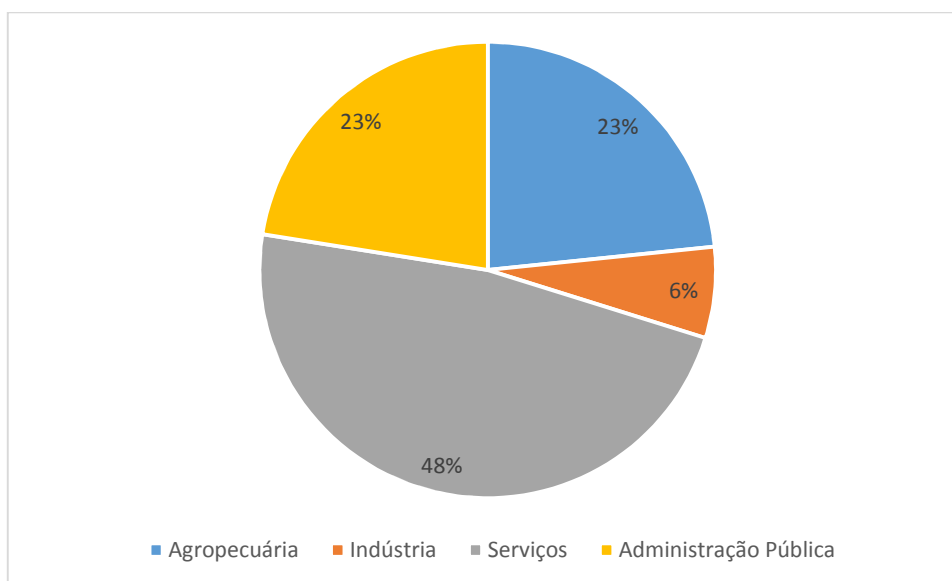
Quadro 25 – Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos no Município de Goiás em 2016.

Setor da economia municipal	Valor (R\$ mil)
Agropecuária	89.165
Indústria	24.609
Serviços	181.944
Administração Pública	85.816
Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos*	381.534
Legenda: *Saídas de mercadorias mais prestação de serviços de transporte (frete) e de comunicações deduzidas as entradas de mercadorias e insumos utilizados.	

Fonte: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), (2016).

Convertendo os valores referentes à participação de cada setor em valores percentuais (Figura 125), fica visualmente perceptível o peso do setor de serviços na economia municipal. O setor industrial, além de ser pouco significativo no município, vem apresentando uma forte retração segundo informado pela Prefeitura Municipal de Goiás (2018).

Figura 125 – Valor Adicionado Bruto a Preços Básicos no Município de Goiás em 2016, em percentuais.



Fonte: Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos (IMB), (2016).

O setor agropecuário, por sua vez, é bastante significativo. Nos parágrafos seguintes apresenta-se alguns dados para ilustrar esta significância, a partir de resultados preliminares do Censo Agropecuário 2017, publicados pelo IBGE (2017).

O Quadro 26 apresenta a atividade pecuária no Município de Goiás, por tipo de rebanho e número de estabelecimentos, lembrando que pode haver mais de um tipo de criação em um único local. Embora a maior quantidade de cabeças seja referente aos galináceos, o rebanho bovino é o mais significativo. O Município de Goiás possui o maior número de estabelecimentos dedicados à pecuária bovina e detém o 8º maior rebanho bovino do Estado de Goiás. Ressaltando que o rebanho bovino é aquele que mais necessita de espaço físico. Daí a razão pela qual o Município de Goiás é coberto em sua maior parte por pastagens em contato com savanas e florestas.

Quadro 26 – Atividade pecuária no Município de Goiás.

Rebanho	Cabeças*	Estabelecimentos*
Asininos	83	28
Avestruzes	0	0
Bovinos	237017	1998
Bubalinos	530	19
Caprinos	292	19
Codornas	123	14

Equinos	5232	1406
Galináceos (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos)	694399	1513
Muarees	973	250
Ovinos	547	29
Patos, gansos, marrecos, perdizes e faisões	1656	176
Perus	108	36
Suínos	9400	983
Legenda:		
* Resultados preliminares. Dados relativos à data de referência (30/09/2017).		

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (2017).

O Quadro 27 e a Figura 126 apontam a utilização das terras pelos estabelecimentos agropecuários no Município de Goiás. Predominam as pastagens plantadas e em boas condições (75% do território do município). Entretanto, 22% das terras ainda são cobertas por matas ou florestas.

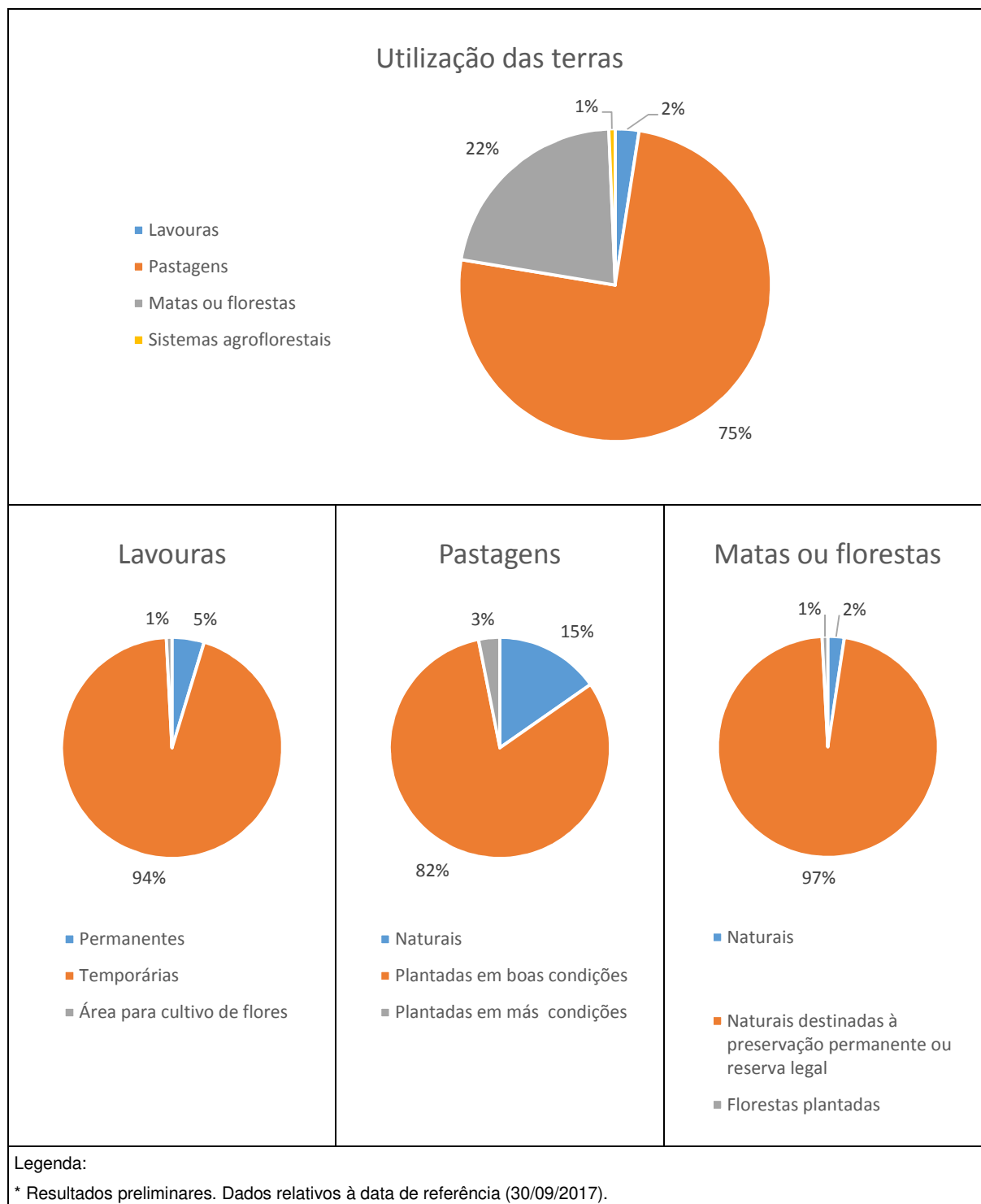
Quadro 27 – Utilização de terras no Município de Goiás pelo setor agropecuário.

Utilização das terras	Hectares
Lavouras	6.708.351
Permanentes	314.891
Temporárias	6.337.961
Área para cultivo de flores	55.499
Pastagens	205.910.607
Naturais	31.451.912
Plantadas em boas condições	168.039.696
Plantadas em más condições	6.418.999
Matas ou florestas	59.517.209
Naturais	1.411.009
Naturais destinadas à preservação permanente ou reserva legal	57.610.937
Florestas plantadas	495.263
Sistemas agroflorestais	1.805.456
Área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastejo por animais	1.805.456
Legenda:	
* Resultados preliminares. Dados relativos à data de referência (30/09/2017).	

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (2017).

Os dados apresentados no quadro acima foram convertidos em valores percentuais, em forma de gráficos (Figura 126). Explica-se que não foi gerado gráfico para os sistemas agroflorestais, porque nesta categoria há somente área cultivada com espécies florestais também usada para lavouras e pastejo por animais.

Figura 126 – Utilização de terras no Município de Goiás pelo setor agropecuário em percentuais.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), (2017).

O setor de serviços pode ser considerado o mais importante na economia do Município de Goiás e está fortemente embasado na atividade turística.

O Centro Histórico da cidade abriga um conjunto arquitetônico rico e bem preservado, constituído de igrejas sacras, quase todas do século XVIII, e edificações diversas de interesse cultural, tais como: o Museu das Bandeiras, o Palácio Conde dos Arcos (datado de 1755), o Quartel do XX de 1747, a Casa do Bispo e os chafarizes da Boa Morte e do Largo da Carioca.

A culinária tradicional do município também é apreciada pelos visitantes. Destaca-se: o empadão goiano, o bolo de arroz, os alfenins, os doces cristalizados e em calda.

Quanto aos eventos, a Cidade de Goiás tem um calendário um tanto extenso e movimentado. A mais antiga e conhecida atração é a Procissão do Fogaréu, que se realiza na noite de quarta-feira da Semana Santa. Goiás sedia todos os anos o Festival Internacional de Vídeo e Cinema Ambiental (FICA) desde 1999, realizado no mês de julho.

Identifica-se também, um movimento de “vai e vem” nos finais de semana, feriados prolongados e férias escolares, produzido pelos filhos da terra e seus descendentes, que por razões relacionadas a estudo e trabalho deixaram a cidade em algum momento de suas vidas, mas retornam sempre às suas raízes familiares e culturais. Nestes períodos, a população flutuante aumenta. Quanto mais longo for o período de folga, por exemplo: feriados prolongados e férias escolares, maior será o número de pessoas indo e permanecendo na cidade, impactando a economia, quase sempre positivamente, bem como a estrutura e os equipamentos urbanos, quase sempre negativamente.

No que diz respeito ao mercado de trabalho, o Município de Goiás apresentou saldos negativos no número de empregos nos últimos dois anos (2016 e 2017) (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018). O setor de serviço emprega 30,56% dos trabalhadores. A indústria de transformação 4,50%, o comércio 23,44%, a administração pública 21,48% e a construção civil, 2,30% (INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS, 2018a).

e) **Infraestrutura**

Os serviços referentes a projetos, construção de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, bem como a operação e a manutenção dos sistemas implantados no Município de Goiás, são executados pela empresa pública Saneamento de Goiás S.A. (SANEAGO)⁴⁰.

O fornecimento de energia para o Município de Goiás está a cargo da ENEL Brasil, por meio da distribuidora Goiás. Porém a infraestrutura atual não suporta a demanda, ocorrendo interrupções na continuidade do fornecimento de energia (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

A prestação de serviços em telefonia fixa, bem como o acesso à banda larga de internet é feita pela operadora OI, que não atende a totalidade do território municipal por falta da infraestrutura de cabeamento da telefonia fixa. Quanto à telefonia móvel as operadoras OI, TIM e VIVO possuem sinal no município, porém não na totalidade do território.

O Município de Goiás apresenta 70% de suas vias pavimentadas. Os bairros mais distantes da região central, que se localizam às margens da rodovia GO-070, estão entre os 30% não pavimentados. São eles: Goiás II, Vila Papyrus, Vila Iraci, Tempo Novo, além do Distrito Bacalhau (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Quanto ao transporte e mobilidade urbana, a prefeitura realiza a gestão e a operação, através da Secretaria Municipal de Educação, Desporto e Lazer, havendo um foco maior no transporte escolar, tanto urbano quanto rural. Diariamente são transportados cerca de 1.800 alunos nos 3.000 Km de estradas rurais do município. Há somente 02 rotas de transporte coletivo urbano. As demais são do transporte escolar, sendo: 39 rotas rurais realizadas com frota terceirizada, 11 rotas rurais com frota própria e 1 rota escolar urbana também com frota própria (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

⁴⁰ A SANEAGO opera em 225 municípios e registra índices de atendimento de 96% para água e 51,9% para esgoto. A empresa tem atribuições para a realização de estudos e projetos; construção de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário; operação e manutenção dos sistemas implantados em Estado de Goiás.

6.3 Diagnóstico: resíduos sólidos no Município de Goiás

Na seção anterior o Município de Goiás foi caracterizado quanto aos seus aspectos físicos, bióticos e antrópicos, o que permitiu conhecer a unidade-caso.

Agora, é preciso conhecer o objeto de estudo no contexto da unidade-caso.

Para tanto, realizou-se o diagnóstico do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás.

O diagnóstico é uma parte muito importante dentro do planejamento, pois, de modo geral, naquilo que se refere às questões do Saneamento Básico em um município, “consiste em identificar e caracterizar os diversos problemas a partir dos sintomas observados, procurando, caso a caso, identificar as respectivas causas” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2011a, p. 61).

Neste trabalho, além do citado, o diagnóstico se presta a identificar o modelo de referência, no qual se baseia o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás. Segue o diagnóstico.

6.3.1 Classificação e caracterização dos resíduos sólidos

A classificação de resíduos sólidos envolve, basicamente, a identificação do processo que lhes deu origem, ou seja, da fonte geradora. Feito isto, é necessário categorizá-los quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde humana.

As fontes geradoras e os resíduos sólidos gerados no Município de Goiás foram identificados e classificados quanto à origem segundo a ordem estabelecida no título III, capítulo I, artigo 13, nas alíneas “a” até “k” da PNRS (BRASIL, 2010a). Quanto à periculosidade, foram classificados conforme a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR nº 10004, de 31 de maio de 2004 como: Classe I (resíduos perigosos); Classe IIA (resíduos não perigosos – não inertes) e Classe IIB (resíduos não perigosos – inertes).

Os resíduos sólidos gerados no Município de Goiás são os seguintes:

- a) **Resíduos sólidos domiciliares:** são os materiais orgânicos e inorgânicos gerados em residências. A Prefeitura Municipal de Goiás é a responsável direta por este resíduo. Dependendo de sua caracterização, podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

- b) **Resíduos sólidos de limpeza urbana:** são os materiais orgânicos e inorgânicos gerados durante a execução das atividades de manutenção dos logradouros públicos: varrição de vias; capina e roçagem; limpeza de bocas de lobo, de canais, de terrenos baldios, de praças e de feiras livres; pintura de meio fio e manutenção do Cemitério São Miguel, que é municipal. Há também os resíduos volumosos descartados em logradouros públicos pela população e animais mortos. A Prefeitura Municipal de Goiás é a responsável direta por este resíduo. Dependendo de sua caracterização, podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).
- c) **Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços:** Materiais orgânicos e inorgânicos gerados nas atividades de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços. A Prefeitura Municipal de Goiás assumiu a responsabilidade por este tipo de resíduo. Dependendo de sua caracterização, podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).
- d) **Resíduos dos serviços públicos de Saneamento Básico:** o Município de Goiás possui duas Estações de Tratamento de Água (ETA), denominadas Pedro Ludovico e Bacalhau, ambas localizadas na porção leste da área urbana; e uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) localizada na porção oeste, próximo ao Córrego Bagagem, afluente do Rio Vermelho. As operações de todas estas unidades são feitas pela SANEAGO. O resíduo da ETA é constituído do lodo (resíduos sólidos orgânicos e inorgânicos provenientes da água bruta e da adição de produtos químicos utilizados no processo convencional de tratamento da água). O resíduo da ETE é constituído de rejeitos resultantes da etapa de gradeamento (restos de alimentos, animais, fios de cabelo, galhos e folhas, plásticos, papéis, tecidos, pedras e outros) e do lodo da ETE (material pastoso com grande concentração de micro-organismos, sólidos orgânicos e minerais). A SANEAGO é a responsável direta pelos resíduos gerados na ETA e na ETE. Dependendo de sua caracterização, podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não

inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

- e) **Resíduos industriais:** são gerados nos processos produtivos e nas instalações industriais do município. A responsabilidade direta por estes resíduos é do seu gerador. Não há informações municipais sobre estes resíduos. A administração pública entende que esta atividade tem baixa representatividade na economia global do município e por isto não dispõe de informações referentes à qualificação e à quantificação deste tipo de resíduo. Dependendo de sua caracterização, os resíduos industriais podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).
- f) **Resíduos de Serviços de Saúde (RSS):** os estabelecimentos geradores deste tipo de resíduo em Goiás são públicos, portanto, a Prefeitura Municipal de Goiás é a responsável direta. O Quadro 28 lista as unidades de atendimento à saúde e apresenta a classificação do RSS gerados nelas, segundo a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) nº 222, de 28 de março de 2018⁴¹ e a ABNT NBR 10004:2004.

⁴¹ Classificação do RSS segundo a RDC ANVISA nº 222, de 28 de março de 2018:

GRUPO A: resíduos com a possível presença de agentes biológicos que, por suas características, podem apresentar risco de infecção (AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2018).

GRUPO B: resíduos contendo produtos químicos que apresentam periculosidade à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e quantidade (AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2018).

GRUPO C: qualquer material que contenha radionuclídeo em quantidade superior aos níveis de dispensa especificados em norma da CNEN e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista (AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2018).

GRUPO D: resíduos que não apresentam risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente, podendo ser equiparados aos resíduos domiciliares (AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2018).

GRUPO E: materiais perfurocortantes ou escarificantes (AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2018).

Quadro 28 – Classificação dos RSS no Município de Goiás.

Fonte geradora	Classificação		
	Origem*	Periculosidade	
Unidades Básicas de Saúde (UBS); Postos de Saúde; Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU); Instituto Médico Legal (IML); Centro de Atenção Psicossocial (CAPS); Farmácia municipal e laboratórios.	Resíduos de Serviços de Saúde (RSS)	GRUPO**	CLASSE***
		A	I
		B	I
		C	I
		D	IIA e IIB
	E	I	
Legenda:			
*Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos);			
**RDC ANVISA nº 222, de 28 de março de 2018;			
***ABNT NBR 10004, de 31 de maio de 2004.			

Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

- g) **Resíduos da construção civil (RCC):** são os resíduos gerados em obras públicas e privadas de pequeno, médio e grande porte, de pessoas físicas e jurídicas no Município de Goiás. Não há uma definição legal a respeito da responsabilidade direta por estes resíduos. Também não há informações municipais sobre o RCC. Dependendo de sua caracterização, os RCC podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).
- h) **Resíduos agrossilvipastoris:** embora esta atividade tenha alta representatividade na economia global do município, não há informações municipais sobre estes resíduos, sendo que a responsabilidade direta por eles é do gerador. Dependendo de sua caracterização, estes resíduos podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).
- i) **Resíduos de serviços de transporte:** o Município de Goiás possui uma rodoviária e um aeroporto para pequenas aeronaves. A administração pública municipal assumiu a responsabilidade direta por estes resíduos. Dependendo de sua caracterização, os resíduos de serviços de transporte podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe

IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

- j) **Resíduos de mineração:** a mineração não constitui uma atividade de grande representatividade no Município de Goiás e nem tem grande impacto na economia local. Não há informações referentes à qualificação e à quantificação deste tipo de resíduo. A responsabilidade direta pelos resíduos de mineração produzidos no município é do gerador. Dependendo de sua caracterização, estes os resíduos podem ser classificados segundo a sua periculosidade como Classe I (Resíduos perigosos), Classe IIA – (não perigosos - não inertes) e Classe IIB (não perigosos - inertes) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Ressalta-se que os resíduos sólidos gerados no Município de Goiás nunca foram caracterizados pelo poder público quanto às suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Portanto, não há como estabelecer de forma precisa a sua classificação segundo a periculosidade. Também não há dados referentes à composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados no Município de Goiás.

Ainda, constatou-se o seguinte: (I) não foram adotados procedimentos para reaproveitar os materiais reutilizáveis e recicláveis; (II) não foi estabelecido um sistema de coleta seletiva; (III) não há articulação de medidas para viabilizar a logística reversa; e (IV) não foi implantado um sistema de compostagem para os resíduos sólidos orgânicos.

O Quadro 29 sintetiza a classificação dos resíduos sólidos no Município de Goiás, de acordo com o disposto no título III, capítulo I, artigo 13, nas alíneas “a” até “k” da PNRS (BRASIL, 2010a). Na primeira coluna à esquerda estão listados os tipos de resíduos de acordo com a ordem em que aparecem na referida lei. Na coluna do meio está indicada a periculosidade de cada tipo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). Na terceira coluna à direita está apontada a responsabilidade direta por cada tipo.

Quadro 29 – Classificação dos resíduos sólidos no Município de Goiás.

Classificação		Responsabilidade direta
Origem (PNRS)	Periculosidade* (ABNT NBR 10004/2004)	
Resíduos sólidos domiciliares	Classe I Classe IIA Classe IIB	Prefeitura Municipal de Goiás
Resíduos sólidos de limpeza urbana	Classe I Classe IIA Classe IIB	Prefeitura Municipal de Goiás
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Classe I Classe IIA Classe IIB	Prefeitura Municipal de Goiás
Resíduos dos serviços públicos de Saneamento Básico	Classe I Classe IIA Classe IIB	Gerador
Resíduos industriais	Classe I Classe IIA Classe IIB	Gerador
Resíduos de Serviços de Saúde	Classe I	Prefeitura Municipal de Goiás
Resíduos da construção civil	Classe I Classe IIA Classe IIB	Prefeitura Municipal de Goiás Gerador
Resíduos agrossilvipastoris	Classe I Classe IIA Classe IIB	Gerador
Resíduos de serviços de transporte	Classe I Classe IIA Classe IIB	Prefeitura Municipal de Goiás
Resíduos de mineração	Classe I Classe IIA Classe IIB	Gerador
Legenda: *Tendo em vista que no Município de Goiás os resíduos sólidos domiciliares não são segregados na fonte geradora, na massa total encontra-se diferentes tipos e graus de riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública.		

Fonte: adaptado de Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

6.3.2 Gerenciamento de resíduos sólidos

O sistema de gestão no Município de Goiás atua no manejo de resíduos sólidos gerados nas atividades de limpeza urbana e nos domicílios, bem como no manejo daqueles considerados pela administração pública municipal como RSU. Conforme já comentado, esta é uma configuração bastante comum e predominante nos municípios brasileiros.

O manejo de resíduos sólidos de limpeza urbana no Município de Goiás, está diretamente relacionado às atividades de manutenção dos logradouros públicos, a saber: varrição de vias; capina e roçagem; limpeza de bocas de lobo, de canais, de terrenos baldios, de

praças e de feiras livres; pintura de meio fio e manutenção do Cemitério São Miguel, que é municipal. Há também a remoção de animais mortos e de resíduos volumosos descartados em logradouros públicos pela população.

A frequência da varrição de vias e limpeza de praças é diária. Os resíduos sólidos gerados nestas atividades são acondicionados em sacos plásticos. A capina e a roçagem são realizadas de segunda a sexta-feira.

A limpeza de bocas de lobo, de canais e de terrenos baldios é feita de acordo com a necessidade. É difícil planejar a limpeza de terrenos baldios, porque os munícipes abandonam neles resíduos volumosos e sucatas em geral, tais como: aparelhos eletroeletrônicos; pneus; peças de madeira e móveis usados. Não há pontos de recolhimento para este tipo de resíduo. Assim, a atividade é realizada sempre que necessário. A quantidade coletada de resíduos volumosos é de aproximadamente 1,5 t/dia (547,5 t/ano) (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018). Os resíduos sólidos resultantes desta atividade são acondicionados diretamente na carroceria do veículo que faz o transporte.

As feiras livres acontecem nas quartas, quintas, sextas, sábados e domingos. A administração pública municipal não fornece contentores, sendo o acondicionamento dos resíduos sólidos uma responsabilidade dos feirantes. Porém, apenas alguns os acondicionam corretamente, colocando-os em sacos plásticos. No final das feiras, resta um rastro de resíduos orgânicos e inorgânicos misturados e atirados ao chão, que no momento da remoção serão acondicionados diretamente na caçamba do caminhão compactador. A coleta dos resíduos sólidos é realizada sempre no mesmo dia das feiras. Uma vez coletados, são transportados e destinados juntamente com os resíduos sólidos domiciliares, compondo uma única massa.

A pintura de meio fio é realizada mecanicamente três vezes por ano. Os resíduos sólidos resultantes são acondicionados em sacos plásticos.

A manutenção do cemitério é feita semanalmente. Os resíduos oriundos desta atividade caracterizam-se por restos de flores, coroas, velas, vasos e embalagens plásticas, que são acondicionados em sacos plásticos. Há também RCC, em pequena quantidade, proveniente da manutenção dos túmulos.

As atividades de varrição, capina, limpeza de bocas de lobo, de canais, de praças e a manutenção do cemitério são feitas manualmente com o auxílio de ferramentas e equipamentos. As demais empregam, além da mão de obra, máquinas e veículos.

Todos os resíduos sólidos gerados nas atividades de limpeza urbana formam juntos uma massa de 2,84 t/dia (672 t/ano), que é coletada, transportada e transbordada no lixão pela Prefeitura Municipal de Goiás (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

O Quadro 30 resume a prestação dos serviços públicos de limpeza urbana no Município de Goiás. O símbolo (●), colocado à frente do nome da atividade, destaca os tipos de resíduos sólidos que poderiam ser destinados para compostagem, se fossem coletados seletivamente e, deste modo, poderiam ser valorizados.

Quadro 30 – Prestação dos serviços de limpeza urbana no Município de Goiás.

	Atividade	Frequência	Forma de execução		Destino
Quantidade total = 672 t/ano	Poda (●)	Segunda a sexta	Manual e mecanizada	Ferramentas, equipamentos e caminhão basculante	Lixão
	Capina e roçagem (●)	Segunda a sexta	Manual e mecanizada	Ferramentas, equipamentos e roçadeira costal	Lixão
	Limpeza de feiras (●)	Quarta, quinta, sexta, sábado e domingo	Manual e mecanizada	Ferramentas, equipamentos e caminhão prensa	Lixão
	Pintura de meio fio	03 vezes ao ano	Mecanizada	Trator	Lixão
	Limpeza de boca de lobo	De acordo com a necessidade	Manual	Ferramentas e equipamentos	Lixão
	Limpeza de canais	De acordo com a necessidade	Manual	Ferramentas e equipamentos	Lixão
	Limpeza de terrenos baldios	De acordo com a necessidade	Manual e mecanizada	Ferramentas, equipamentos e caminhão basculante	Lixão
	Limpeza de praças	Diária	Manual	Ferramentas e equipamentos	Lixão
	Varição de vias	Diariamente	Manual	Ferramentas e equipamentos	Lixão
	Manutenção do cemitério	Semanalmente	Manual	Ferramentas e equipamentos	Lixão
	Remoção de animais mortos e de resíduos volumosos	De acordo com a necessidade	Manual e mecanizada	Ferramentas, equipamentos e caminhão basculante	Lixão
	(●) Tipos de resíduos sólidos que poderiam ser destinados para compostagem.				

Fonte: Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

O manejo de resíduos sólidos domiciliares no Município de Goiás segue o padrão encontrado em boa parte dos municípios brasileiros, segundo o qual a população descarta resíduos orgânicos e inorgânicos sem realizar a segregação prévia na fonte geradora. Os resíduos sólidos são acondicionados em sacos plásticos e depositados em lixeiras suspensas, ou nas calçadas em frente das residências, para que a administração pública municipal realize a coleta e o transporte até o lixão, onde são transbordados e dispostos. Ou seja, a destinação final é igual à disposição final.

Ao todo são manejadas 23,17 t/dia (8.458 t/ano) de resíduos sólidos assumidos pela Prefeitura Municipal de Goiás como RSU, sendo este total a soma dos resíduos domiciliares com os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Conforme demonstrado, em Goiás, a administração pública municipal é a responsável pelos resíduos domiciliares, pelos resíduos de limpeza urbana, pelos resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, pelos resíduos de serviços de transporte, pelos RSS e por boa parte dos RCC. Ou seja, todos aqueles pelos quais um município brasileiro é legalmente responsável e, também, outros pelos quais a administração pública assumiu a responsabilidade direta. Por razões diversas, entre elas as questões políticas e o nível de renda dos munícipes, o entendimento da administração pública municipal a respeito daquilo que é a sua responsabilidade vai além do previsto em lei. Assim sendo, neste município, tanto a definição do que vem a ser RSU, quanto o leque de atribuições e responsabilidades do poder público municipal foram ampliados. Quando se trata de resíduos sólidos, assumir a responsabilidade significa realizar tanto a gestão quanto o gerenciamento deles.

No Município de Goiás o gerenciamento dos RSU é realizado na forma de prestação direta e centralizada do serviço pelo titular, sendo a Secretaria Municipal de Obras e Serviços Públicos a responsável direta pela operação do processo. Há particularidades relacionadas aos resíduos sólidos sujeitos a gerenciamento específico (RCC e RSS), que serão explicadas mais à frente, na seção 6.3.3.

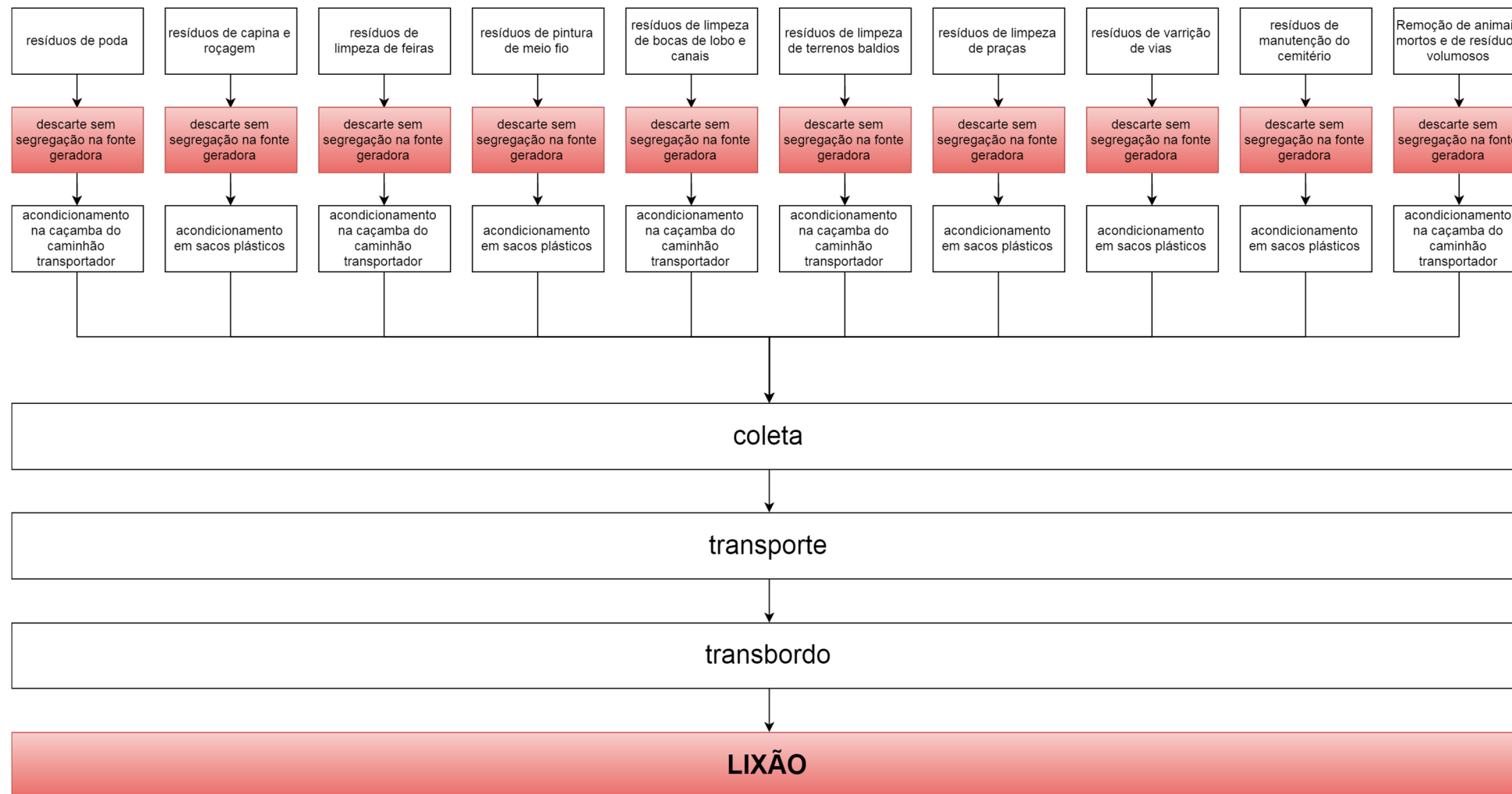
A Figura 127 demonstra o processo de gerenciamento de resíduos sólidos gerados nas atividades de manutenção dos logradouros públicos.

Nela, as etapas sombreadas na cor vermelha estão sendo executadas de forma errada, o que inviabiliza o aproveitamento dos resíduos sólidos.

Por exemplo, se os resíduos sólidos originados nas atividades de poda, capina, roçagem e limpeza de feiras fossem adequadamente segregados e acondicionados, poderiam ser encaminhados para unidades de compostagem, porque são essencialmente orgânicos.

No caso dos resíduos sólidos oriundos da limpeza de feiras livres, é necessário segregá-los na fonte geradora, porque, além das sobras de alimentos, há embalagens que são resíduos sólidos inorgânicos e, portanto, só podem ser encaminhados para reciclagem.

Figura 127 – Processo de gerenciamento de resíduos sólidos de limpeza urbana no Município de Goiás.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O sistema de gestão no Município de Goiás atua no manejo de resíduos de limpeza urbana e no manejo daqueles considerados pela administração pública municipal como RSU. Conforme já comentado, esta é uma configuração bastante comum e predominante nos municípios brasileiros.

O manejo de RSU no Município de Goiás está diretamente relacionado às atividades de coleta e transporte externo dos resíduos sólidos domiciliares, dos resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços e dos resíduos de serviços de transporte. Lembrando que, a despeito da PNRS, a Prefeitura Municipal de Goiás enquadra estes resíduos como RSU. As etapas do processo de gerenciamento de RSU em Goiás encontram-se descritas na sequência.

a) Acondicionamento

A forma de acondicionamento dos RSU depende da fonte geradora, do tamanho e do volume dos resíduos sólidos. Entretanto, em qualquer que seja o caso, não há segregação prévia.

Os resíduos sólidos menores e pouco volumosos, como por exemplo: os domiciliares e os gerados em pequenos estabelecimentos de comércio e prestação de serviços, são ensacados e colocados nas calçadas em frente às edificações, nos logradouros públicos, onde permanecem até serem coletados e transportados pela prefeitura.

Resíduos sólidos grandes e volumosos costumam ser depositados irregularmente em terrenos baldios. Quando a administração pública municipal realiza a limpeza destes locais, os rejeitos são acondicionados diretamente na carroceria do caminhão que realiza o transporte.

b) Coleta e transporte

Não há nenhum programa público de coleta seletiva no município. As iniciativas existentes são conduzidas por uma empresa privada, que não atua na totalidade do território municipal e não coleta toda a massa de resíduos recicláveis produzidos no Município de Goiás.

A coleta e o transporte são realizados pelo Departamento de Limpeza Urbana, que é subordinado à Secretaria de Obras e Serviços Públicos. No centro da cidade a frequência é diária e nos demais bairros ocorre duas vezes por semana. A coleta e o transporte cobrem 100% da área urbana. Para o transporte de resíduos sólidos emprega-se os seguintes veículos: 2 caminhões compactadores; 1 caminhão basculante; e 2 tratores agrícolas com reboque. O município possui 04 caminhões basculantes, porém apenas 01 é empregado na coleta de resíduos sólidos, em situações nas quais os caminhões compactadores ficam impossibilitados de realizar determinada atividade.

c) Destinação final

A destinação final dos resíduos sólidos no Município de Goiás é igual à disposição final. Porém, existem algumas iniciativas envolvendo atividades de compostagem e reciclagem que estão apontadas e comentadas nos parágrafos seguintes.

Tendo em vista que os RSU não são segregados na fonte geradora e que não há coleta seletiva, nem na zona urbana, nem nos distritos e na zona rural, não há como realizar a compostagem municipal dos resíduos sólidos orgânicos.

Entretanto, a pesquisa realizada em 41 zonas rurais, no âmbito do Projeto Sanear Cidades, cujo objetivo era coletar dados para a realização do diagnóstico para compor o PMSB do município, constatou que 27,3% dos entrevistados que responderam ao questionário realizavam a compostagem dos resíduos sólidos orgânicos advindos de suas atividades domésticas, ou davam outra destinação. Ou seja, diferentemente das áreas urbanas, uma parcela da população das zonas rurais do Município de Goiás, intuitivamente e por iniciativa própria, utilizava a compostagem como alternativa de destinação final. Quanto aos demais entrevistados, 25,5% queimavam os resíduos sólidos orgânicos a céu aberto; 10,9% destinavam para a coleta pública; 5,5% enterravam; e 3,6% responderam que jogavam os resíduos em terreno baldio ou em algum rio. Ainda, foi encontrada uma atividade de compostagem no Distrito de Uvá, na residência de um munícipe, sendo uma iniciativa isolada e voluntária (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018)

O aproveitamento dos RSU através da reciclagem não ocorre no Município de Goiás porque lá não há nenhuma indústria recicladora.

A única iniciativa relacionada ao aproveitamento de resíduos sólidos diz respeito a uma empresa privada, denominada Donizette Reciclagem, que comercializa materiais recicláveis na área urbana e rural do Município de Goiás e em municípios vizinhos, principalmente Faina, Araguapaz, Itapirapuã, Jussara, Matrinchã, Sanclerlândia. A empresa também recebe doações de pessoas físicas e jurídicas.

A Figura 128 apresenta imagens do galpão ocupado pela empresa, dos coletores e dos tipos de resíduos sólidos comercializados por ela.

Figura 128 – Cenas da empresa Donizette Reciclagem.



(a) Vista externa do galpão



(b) Vista interna do galpão



(c) Local de Entrega Voluntária (LEV)



(d) Tipo de material depositado



(e) coleta de material reciclável em supermercado



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Desde julho de 2017, a empresa ocupa um galpão de propriedade do Estado de Goiás, localizado à Rua 01, Quadra 01, na Vila Maçônica, que pode ser observado na Figura 128 (a e b). Não há um contrato firmado entre o Estado de Goiás e a empresa. O galpão estava abandonado e foi dada uma permissão para ocupação e uso por tempo indeterminado, até que se resolva se o galpão continuará pertencendo ao Estado de Goiás ou se será doado à Prefeitura Municipal de Goiás. De um lado esta situação é uma oportunidade muito boa para a empresa, mas de outro, é um problema porque a impede de se regularizar junto ao município, principalmente no tocante ao licenciamento ambiental.

A empresa não possui vínculo contratual com o município e não recebe nenhuma contrapartida financeira por parte da Prefeitura Municipal de Goiás ou do Estado de Goiás. Ela se sustenta por meio da comercialização de materiais recicláveis.

A respeito do material comercializado, uma parte é proveniente de Locais de Entrega Voluntária (LEV)⁴², localizados sempre próximos aos estabelecimentos comerciais, tais como: supermercados e farmácias. Estes equipamentos são, na realidade, estruturas de madeira ou metal, teladas ou gradeadas, tal qual gaiolas, onde os resíduos são confinados. Algumas são cobertas outras não. As estruturas não são padronizadas e são construídas no local segundo o espaço disponível (Figura 128 c, d, e).

As doações são provenientes da participação popular voluntária que, embora de forma rudimentar e intuitiva, entrega materiais recicláveis nos pontos comerciais ou no local onde a empresa se encontra.

A empresa coleta e recebe os seguintes materiais: papel e papelão; plásticos (rígido, filme e PET); metais ferrosos; metais não-ferrosos; sucatas (de antimônio, de baterias, de motor de geladeira e eletrônica); e vidros (somente garrafas de aguardente das marcas 51, Velho Barreiro e galões de vinho). As garrafas são armazenadas temporariamente até que se complete uma carga. Então, elas são encaminhadas para uma central de coleta, localizada em Anápolis (Goiás), que faz a devolução para os fabricantes destes produtos.

O Quadro 31 apresenta os tipos de resíduos mais comercializados pela empresa, a quantidade aproximada e a destinação.

⁴² Local de Entrega Voluntária (LEV) contentores, sacos, baias ou outros dispositivos instalados em espaços públicos ou privados monitorados, para recebimento de resíduos sólidos recicláveis em pequenas quantidades e volumes (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012b, p. 97).

Ponto de Entrega Voluntária (PEV) espaços maiores, geralmente compostos por caçambas e pátio de manobra de veículos, para acumulação temporária de maior quantidade e volume de resíduos sólidos, como por exemplo: RCC e volumosos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012b, p. 97).

Quadro 31 – Resíduos sólidos recicláveis comercializados por Donizette Reciclagem.

Tipo de resíduo	Quantidade (t/mês)	Destino
Papel e papelão	15	Sucateiro intermediário (Nerópolis – GO)
Plásticos em geral	16	Sucateiro intermediário (Nerópolis – GO)
Metais em geral	12	Reciclagem Ipiranga (Goiânia – GO)
Sucatas eletrônicas	0,2	Reciclagem Ipiranga (Goiânia – GO)

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de informações fornecidas por Donizetti Reciclagem.

d) Transbordo e disposição final

O Município de Goiás não possui aterro sanitário e, nem mesmo, aterro controlado. A forma de disposição final de RSU é o vazadouro a céu aberto ou, simplesmente, lixão.

O lixão recebe todos os resíduos admitidos como RSU pela administração pública municipal: os domiciliares, os de limpeza urbana e os de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços. Ressalta-se que, além destes, o lixão também recebe os resíduos dos serviços públicos de Saneamento Básico, parte dos RCC e os resíduos de serviços de transporte. Ainda, a população encaminha por conta própria, por meio de veículos particulares ou fretados, resíduos volumosos diversos tais como: restos de podas e limpeza de quintais e RCC.

A Prefeitura Municipal de Goiás é a responsável pelo lixão, que ocupa uma área pública há mais de 30 anos. O lixão possui uma área total aproximada de 12.514 m² e está localizado na saída da cidade, à margem esquerda da GO-070, com as seguintes coordenadas: 15°56'36.84"S 50°10'38.17"O. Está localizado a uma distância aproximada de 2,10 km do núcleo habitacional ou bairro mais próximo e a 2,28 km de habitações isoladas. Com relação aos corpos d'água, o lixão se encontra a aproximadamente 2,20 km do Rio Vermelho, 1,50 km do Rio Bagagem e a montante da foz do Rio do Bugre (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

No que se refere à sua infraestrutura, a área se encontra cercada na frente e nas laterais, mas a cerca possui falhas na parte do fundo. O local não dispõe de guarita de vigilância, de área administrativa e, tampouco, de balança. Não há como implantar infraestrutura para o aproveitamento energético do biogás nas atuais condições, considerando que a destinação dos resíduos sólidos se dá pela disposição final em vazadouro a céu aberto, onde os gases escapam livremente para a atmosfera.

Os procedimentos operacionais adotados são o transbordo dos resíduos coletados diretamente no solo local, seguido da compactação e cobertura com solo de outro local ou material inerte. Na área em questão, ocorre frequentemente a queima do lixo. As moscas são

abundantes no local e foram vistos outros animais, como ratos e pássaros, principalmente, urubus.

Durante a elaboração do diagnóstico para compor o PMSB de Goiás, no âmbito do Projeto Sanear Cidades, verificou-se que há 10 catadores de materiais recicláveis, todos com mais de 18 anos, trabalhando no lixão. Nenhum deles estava incluído em programas sociais do município. Todos trabalhavam individual e informalmente, ou seja, não pertenciam a nenhuma associação ou cooperativa. Estes catadores vendem o material recolhido no lixão do Município de Goiás para a empresa Donizette Reciclagem e também para sucateiros e empresas localizados em municípios vizinhos, que realizam trabalho semelhante.

A Secretaria de Meio Ambiente do Município de Goiás informou que todos os resíduos sólidos coletados nos distritos de Uvã e Águas de São João são dispostos no lixão de Itapirapuã (Goiás). Os resíduos sólidos provenientes do Distrito de Calcilândia são levados para o lixão de Itaberaí (Goiás).

A queima do lixo nas zonas rurais é prática comum por parte dos munícipes, visto que na maioria destas localidades não há coleta de resíduos sólidos ou locais adequados para a disposição final.

Além do lixão, existem locais onde a população transborda clandestinamente pequenas quantidades de resíduos sólidos que vão se somando e formando bolsões de lixo. Embora sejam deposições de pequeno porte, os bolsões geram uma demanda extra de serviços de remoção. A Secretaria de Meio Ambiente do Município de Goiás explica que o Departamento de Limpeza Urbana realiza a limpeza de um determinado local e, logo em seguida, surge outro bolsão em outro lugar, demandando serviços de remoção. Não há um mapeamento destas áreas e nem um levantamento da quantidade de rejeitos depositados. Todo o volume removido nas atividades de limpeza dos bolsões é encaminhado para o lixão e passa a integrar a massa de RSU.

A Figura 129 apresenta cenas do lixão do Município de Goiás, onde podem ser observados aspectos tais como: os tipos de resíduos transbordados no local; o lixo queimado comprovando a prática de atear fogo; e *bags* contendo materiais recicláveis indicando que há catadores trabalhando no lixão.

Figura 129 – Cenas do lixão do Município de Goiás.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A Prefeitura Municipal de Goiás declarou que contratou uma empresa privada para realizar um estudo visando a adequação da área de disposição final, por meio da conversão do lixão em aterro sanitário simplificado, conforme legislação vigente e aplicável. Foi realizado um ensaio de percolação, com a finalidade de determinar a capacidade de absorção de água no solo da área onde está localizado o lixão. De acordo com este estudo, o solo neste local possui uma Capacidade de Infiltração (CI) de 22,9592 cm/h equivalente a 113 l/m²/h. Com base neste resultado a empresa contratada considerou a área apta para a implantação de um aterro sanitário simplificado (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

Contudo, avalia-se que este resultado é questionável para a totalidade da área do lixão, visto que somente um ponto foi investigado. Ainda, a escolha, e até mesmo a adequação, de uma determinada área para realizar a disposição final de resíduos sólidos precisa ser confrontada com estudos relacionados aos aspectos físicos e antrópicos e também com instrumentos legais e normativos, nacionais e estaduais, que estabelecem critérios para a identificação de áreas aptas para tal finalidade e impõem restrições no intuito de minimizar impactos socioambientais. Estes estudos foram realizados no âmbito do PERS de Goiás. Neste último, na identificação de áreas com aptidão para implantação de aterros sanitários no Estado de Goiás, foram, primeiramente, excluídas aquelas nas quais há algum tipo de impedimento técnico ou legal, incluindo as áreas ocupadas por quilombolas e as áreas indígenas. Em seguida, observou-se os documentos, os critérios e os valores referenciais apontados no Quadro 32.

Quadro 32 – Critérios para identificação de áreas com aptidão para implantação de aterros sanitários.

Documentos	Critérios	Valores referenciais
ABNT NBR 13.896/1997 Resolução CEMAm 05/2014	Declividade do terreno	> 1% e < 20%
Resolução CEMAm 05/2014	Distância de corpos hídricos superficiais	300 m de qualquer corpo hídrico; 500 m de corpos hídricos utilizados para abastecimento; 2500 m do ponto de captação para abastecimento público.
Resolução CONAMA 428/2010 Resolução CEMAm 05/2014	Distância de Unidades de conservação (UC)	3.000 m a partir do limite da UC.
Resolução CEMAm 05/2014	Distância do perímetro urbano	3.000 m
Lei Federal nº 12.725, de 16 de outubro de 2012	Distância de aeródromos	20 km (sujeita a anuência).
Resolução CEMAm 05/2014	Preservação de vegetação nativa remanescente	Preferencialmente, não desmatar.
Siglas: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMAm)		

Fonte: adaptado de Estado de Goiás (2015, p. 190).

Com base nestes critérios e valores referenciais, foi estabelecido o percentual de áreas restritas sujeitas à anuência e o percentual de áreas livres para implantação de aterros sanitários em todas as regiões de planejamento.

Os resultados para cada município da região de planejamento Noroeste Goiano podem ser observados no Quadro 33. O Município de Goiás está no grupo daqueles com maior percentual de áreas restritas para implantação de aterro sanitário e entre aqueles com menor percentual de áreas livres para implantação de aterro sanitário.

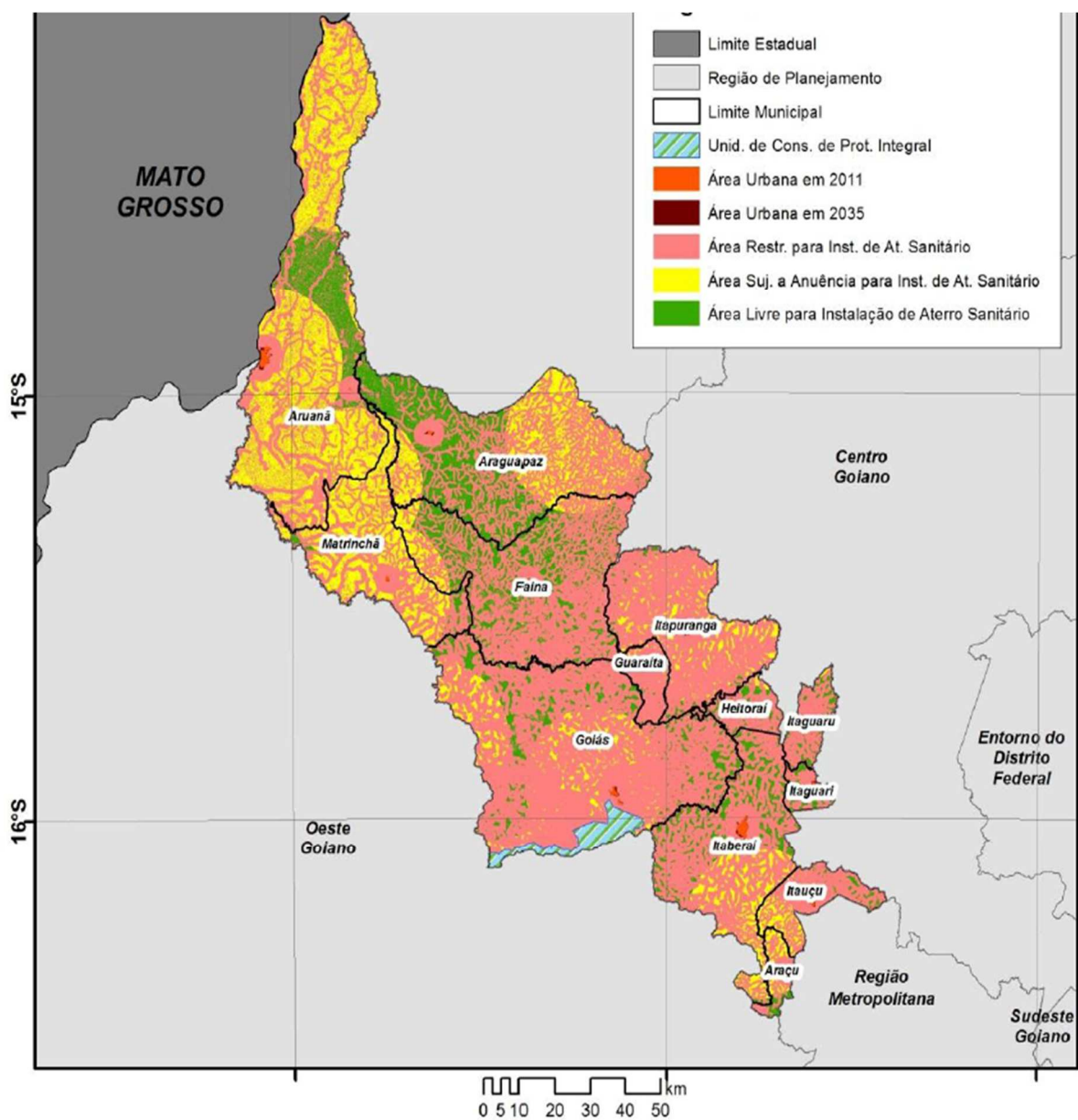
Quadro 33 – Percentuais de áreas restritas, sujeitas à anuência e livres para implantação de aterros sanitários na região de planejamento Noroeste Goiano.

Município	Área do município	Área Restrita para Aterro Sanitário		Área Sob Anuência para Aterro Sanitário		Área Livre para Aterro Sanitário	
	Km2	Km2	%	Km2	%	Km2	%
Araçu	153,20	112,44	73,40	29,05	18,96	11,71	7,64
Araguapaz	2191,17	1300,06	59,33	368,24	16,81	522,87	23,86
Aruanã	3049,26	1541,41	50,55	1228,21	40,28	279,64	9,17
Faina	1948,22	1458,36	74,86	82,41	4,23	407,45	20,91
Goiás	3108,72	2709,12	87,15	180,05	5,79	219,55	7,06
Guaraíta	205,30	198,12	96,50	3,69	1,80	3,49	1,70
Heitoraí	226,93	197,23	86,91	3,78	1,67	25,92	11,42
Itaberaí	1466,81	1149,09	78,34	138,83	9,47	178,89	12,20
Itaguari	135,29	109,61	81,02	0,00	0,00	25,68	18,98
Itaguaru	240,07	210,68	87,76	1,49	0,62	27,90	11,62
Itapuranga	1282,18	1148,18	89,55	114,57	8,94	19,43	1,52
Itauçu	383,59	321,44	83,80	45,06	11,75	17,08	4,45
Matrinchã	1150,22	681,66	59,26	442,70	38,49	25,86	2,25

Fonte: adaptado de Estado de Goiás (2015, p. 200).

Os valores percentuais apontados no Quadro 33 foram representados também em um mapa (Figura 130). Observa-se, com muita facilidade, que no território do Município de Goiás predominam as áreas restritas para implantação de aterros sanitários. Isto significa que será difícil encontrar, dentro do território do Município de Goiás, uma área com aptidão para implantação de aterro sanitário e que, se encontrada, será preciso empregar medidas de controle ambiental muito eficientes. De qualquer forma, o lixo precisa ser erradicado. As alternativas para tanto foram apresentadas e discutidas no prognóstico, especificamente na seção 6.5.3.

Figura 130 – Mapa de áreas restritas, sujeitas à anuência e livres para implantação de aterros sanitários na região de planejamento Noroeste Goiano.



Fonte: Estado de Goiás (2015, p. 199).

6.3.2.1 Resíduos sólidos sujeitos a gerenciamento específico

Alguns tipos de resíduos sólidos necessitam de gerenciamento específico. No Município de Goiás, distingue-se dois deles: os RSS, em função da sua periculosidade; e os RCC, devido ao volume gerado. Embora não faça parte do escopo deste trabalho, apresenta-se aqui algumas informações referentes a estes resíduos. Segue a descrição.

a) RSS

Há uma particularidade quanto aos RSS: a gestão é feita pela administração pública municipal e o gerenciamento é feito por uma empresa privada, H.M Solução Ambiental Ltda., na forma de prestação indireta via delegação, por meio de contrato de terceirização, onde ficou determinado que a empresa é responsável pelo processo de gerenciamento, desde a coleta até destinação final dos RSS.

Os RSS pertencentes aos grupos A, B, C, E são armazenados temporariamente em um compartimento de alvenaria. A coleta, o transporte e a destinação final são realizados pela empresa contratada a cada quinze dias. Os RSS pertencentes aos grupos A, B, C, E são encaminhados pela empresa para tratamento por incineração. Os RSS do grupo D, por se equipararem aos RSU, são coletados, transportados e destinados pela Prefeitura Municipal de Goiás, que não soube informar a quantidade. No Quadro 34 encontram-se as informações referentes ao gerenciamento dos RSS no Município de Goiás.

Quadro 34 – Gerenciamento dos RSS no Município de Goiás.

Grupo	Quantidade	Frequência	Responsabilidade
A	960 kg/ano	Quinzenal	Terceirizado
B	1.284 kg/ano	Quinzenal	Terceirizado
C	840 kg/ano	Quinzenal	Terceirizado
D	Não informou	Diária	Prefeitura Municipal de Goiás
E	840 kg/ano	Quinzenal	Terceirizado

Fonte: Projeto Sanear Cidades IFG/FUNASA (MUNICÍPIO DE GOIÁS, 2018).

b) RCC

A Resolução nº 307, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 05 de julho de 2002, estabeleceu que o gerador deve ser o responsável pelo gerenciamento do RCC. Em seu artigo 2, inciso II a referida define os geradores como sendo as “pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos” (CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 2002)

Segundo este entendimento, o município somente deveria assumir o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em obras da administração pública municipal. Entretanto, a Prefeitura Municipal de Goiás presta os serviços de manejo destes resíduos, mesmo não sendo sua a responsabilidade direta.

Os moradores da área urbana depositam os RCC nas calçadas ou em vias públicas, conforme apresentado na Figura 131. Em seguida, a Prefeitura realiza a coleta e o transporte mediante a cobrança de uma taxa no valor de R\$ 10,00/m³. O veículo utilizado para o transporte do RCC é um caminhão caçamba. O RCC coletado é destinado para a disposição final no lixão municipal.

Há também os casos em que o município dispõem de meio de transporte próprio ou contrata um pequeno transportador para fazer a remoção dos resíduos. No entanto, a destinação é a mesma, ou seja, a disposição final no lixão.

A área rural do Município de Goiás não possui coleta de RCC. Os municípios transbordam os resíduos em erosões na zona rural, ou utilizam para aterramento de terrenos.

O Município de Goiás não possui Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), nem Área de Transbordo e Triagem (ATT), nem unidades destinadas à reutilização, reciclagem ou beneficiamento deste tipo de resíduo. Também não há empresas privadas para realizar o manejo dos RCC (serviços de acondicionamento, coleta, transporte, transbordo e destinação final).

A Figura 131 apresenta fotografias de deposições de RCC nos logradouros públicos, à espera de coleta a ser realizada pelo Departamento de Limpeza Urbana.

Figura 131 – Deposições de RCC nos logradouros públicos no Município de Goiás.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

No Quadro 35 encontra-se uma síntese da situação encontrada no Município de Goiás, no que se refere ao gerenciamento dos resíduos sólidos.

Quadro 35 – Síntese do gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Goiás.

RESÍDUOS		RESPONSÁVEL	(T/ANO)	ACONDICIONAMENTO	COLETA E TRANSPORTE	DESTINAÇÃO FINAL				TRANSBORDO DISPOSIÇÃO FINAL
						Compostagem	Reciclagem	Tratamento	Geração de energia	
RSD*	RDO	■ Prefeitura	8.458*	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	Lixão
RCO*				■	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
RPU**	■ Prefeitura	672	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	Lixão	
RSS	■ Prefeitura	3.084	SIM	SIM	X	X	Incineração em outro município	X	Lixão em outro município	
RTR	■ Prefeitura		SIM	SIM	X	NÃO	NÃO	NÃO	Lixão	
RCC	□ Prefeitura Gerador	?	NÃO	SIM	X	NÃO	NÃO	NÃO	Lixão	
RSB (ETA)	□ Prefeitura Gerador	?	?	?	?	?	?	?	Lixão	
RSB (ETE)	□ Prefeitura Gerador	?	?	?	?	?	?	?	Lixão	
RLR	□ Prefeitura Gerador	?	SIM	SIM	X	NÃO	NÃO	NÃO	Lixão	
RIN	Gerador	?	?	?	?	?	?	?	?	
RAG	Gerador	?	?	?	?	?	?	?	?	
RMI	Gerador	?	?	?	?	?	?	?	?	

Legendas

Siglas:

Resíduos domiciliares (RSD)
 Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RCO)
 Resíduos de limpeza urbana (RPU)
 Resíduos de serviços de saúde (RSS)
 Resíduos de serviços de transportes (RTR)
 Resíduos da construção civil (RCC)
 Resíduos dos serviços públicos de Saneamento Básico (RSB)
 Resíduos sujeitos a logística reversa (RLR)
 Resíduos industriais (RIN)
 Resíduos agrossilvipastoris (RAG)
 Resíduos de mineração (RMI)

■ Tipos de resíduos totalmente assumidos pela Prefeitura Municipal de Goiás como Resíduo Sólido Urbano (RSU)
 □ Tipos de resíduos parcialmente assumidos pela Prefeitura Municipal de Goiás como Resíduo Sólido Urbano (RSU)

Legenda:
 *Não há segregação na fonte geradora e nem durante a coleta. RSD e RCO formam uma única massa coletada, transportada e disposta. São RDO, conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017, (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a).
 **Não há segregação na fonte geradora e nem durante a coleta.
 ? A Prefeitura Municipal de Goiás não informou ou não possui informações a respeito.
 X O tipo de destinação final não é aplicável ao grupo de resíduos sólidos.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

6.3.3 Elementos da gestão de resíduos sólidos

Cabe à gestão municipal o papel de planejar, implantar, operar e controlar o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos. Ela está diretamente relacionada com a organização, a mobilização e a articulação das condições essenciais para possibilitar o funcionamento do sistema, através de arranjos institucionais, mecanismos de sustentabilidade e instrumentos legais.

Nesta seção, foram apontados e comentados os elementos da gestão de resíduos sólidos no Município de Goiás.

a) Arranjos institucionais

O sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás é gerido pela administração pública municipal, na forma de prestação direta e centralizada do serviço pelo titular. Assim sendo, configura um modelo de gestão de resíduos sólidos convencional, conforme esquematizado na Figura 132.

Figura 132 – Modelo de gestão de resíduos sólidos convencional no Município de Goiás.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Não há um arranjo institucional específico para controle e fiscalização do sistema. O que existe é um canal de comunicação, através do qual, a população pode reclamar e denunciar irregularidades. Há também um Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CODEMA), criado para discutir assuntos relacionados à problemática ambiental no município.

O Município de Goiás não possui nenhum plano ou programa vigente relacionado aos resíduos sólidos. Existe a intenção de implantar um programa de coleta seletiva, porém não há ainda um plano concebido e formalizado.

No âmbito da Gestão Ambiental do município faltam recursos humanos, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente conta com apenas dois servidores: uma secretária administrativa e o responsável pela pasta.

Quanto aos recursos humanos empregados no gerenciamento dos resíduos sólidos, a situação é mais favorável. Ao todo são 49 servidores públicos municipais. A varrição de vias e logradouros públicos envolve 23 pessoas divididas em duplas e apoiadas por 1 pessoa com um carrinho coletor. Nas atividades de capina e roçagem, limpeza de canais, poda e jardinagem estão envolvidas 8 pessoas. Para as atividades de coleta de resíduos sólidos domiciliares emprega-se 8 pessoas. Quando é necessário realizar a remoção, coleta e transporte de entulho, emprega-se 1 motorista e 2 coletores.

No Quadro 36 encontra-se a relação dos recursos humanos empregados na prestação pública dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.

Quadro 36 – Recursos humanos envolvidos no gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Goiás.

Atividades	Servidores
Coleta de resíduos sólidos domiciliares	8
Varrição de vias e logradouros públicos	23 (equipe C)
Limpeza de feiras	
Capina e roçagem	8 (equipe J)
Limpeza de canais	
Poda e jardinagem	
Pintura de meio fio	Mutirão
Limpeza de bocas de lobo	
Limpeza de praças	4
Cemitério	6
Total de servidores	49

Fonte: elaborado por Veiga (2019) a partir de informações fornecidas pela Prefeitura Municipal de Goiás.

b) Indicadores e mecanismos de sustentabilidade

Os indicadores são ferramentas da gestão pública e servem tanto para avaliar uma situação atual quanto para acompanhar a sua evolução, apontando eficiências e deficiências na prestação dos serviços públicos.

Assim sendo, foi consultada a base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em busca dos indicadores do Município de Goiás, contidos no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2 017 (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a).

Os indicadores utilizados na análise apresentada nos parágrafos seguintes estão agrupados da seguinte forma: indicadores sobre a coleta de resíduos sólidos; coleta seletiva; veículos usados na coleta de resíduos domiciliares e públicos; geração de empregos; e desempenho financeiro.

A coleta de resíduos sólidos pode ser avaliada por meio dos indicadores apontados no Quadro 37. Os indicadores IN015 e IN016 referem-se aos índices de cobertura do serviço de coleta domiciliar. Enquanto os indicadores IN021 e IN028, à massa coletada per capita de resíduos sólidos domiciliares e públicos.

Quadro 37 – Indicadores sobre coleta de resíduos sólidos no Município de Goiás.

Código	Descrição do indicador	Indicador
IN015	Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à população total	75,38%
IN016	Taxa de cobertura da coleta RDO em relação à população urbana	100%
IN021	Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população urbana	1,21 kg/hab./dia
IN028	Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população total atendida	1,21 kg/hab./dia
Legenda: RDO: resíduos sólidos domiciliares e resíduos comerciais com características similares RPU: resíduos sólidos públicos ou resíduos de limpeza urbana, segundo a PNRS (BRASIL, 2010a).		

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017, (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a).

Segundo o SNIS (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a) a Taxa de cobertura dos resíduos sólidos domiciliares e resíduos comerciais com características similares (RDO) em relação à população total (IN015), em 2017, era de 75,38%, enquanto a Taxa de cobertura de RDO em relação à população urbana (IN016) era de 100%, indicando uma deficiência no atendimento à população residente nas zonas rurais.

O resultado nacional do indicador IN021 (Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população urbana), calculado para a faixa populacional 1 (2.628 municípios brasileiros com até 30 mil habitantes), apresentava valor médio de 0,89 kg/hab./dia (sendo o valor mínimo de 0,10 kg/hab./dia e o máximo de 2,76 kg/hab./dia) (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 63). O indicador IN021 para o Município de Goiás em 2017 era de 1,21 kg/hab./dia (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a)

O indicador anterior considera o total da população urbana. Se for considerada a população total do município, o indicador passa a ser o IN028 (Massa [RDO+RPU] coletada per capita em relação à população total atendida). O resultado nacional deste indicador, calculado para a faixa populacional 1 (2.627 municípios brasileiros com até 30 mil habitantes), apresentava valor médio de 0,79 kg/hab./dia (sendo o valor mínimo de 0,10 kg/hab./dia e o máximo de 2,41 kg/hab./dia) (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 65). O indicador IN028 para o Município de Goiás, em 2017, era de 1,21 kg/hab./dia (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a).

Logo, de acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017, os indicadores IN021 e IN028 de Goiás, ambos relativos à massa coletada per capita de resíduos sólidos domiciliares e públicos, encontravam-se um pouco acima da média nacional para os municípios na mesma faixa populacional, tanto se considerada somente a população urbana do município, quanto se considerada a população total.

Estes índices podem indicar duas situações: (I) ou a população de Goiás gera mais resíduos sólidos domiciliares e públicos per capita que os demais municípios da faixa 1; ou (II) a coleta dos resíduos sólidos domiciliares e públicos é mais eficiente que nos demais municípios da faixa 1. Como o município não possui informações detalhadas sobre a geração per capita local, não é possível afirmar que se trata de uma ou de outra, dentre as situações supostas em I e II.

A Lei nº 47, de 23 de dezembro de 2010 criou o Programa de Coleta Seletiva do Município de Goiás. Porém, o programa não foi implantado. Como não há coleta seletiva pública, todos os indicadores estão zerados nas planilhas do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017.

Para se trabalhar com os dados relativos aos veículos de coleta de resíduos sólidos domiciliares e públicos calcula-se o “indicador médio de veículos por habitante” para cada município, que é expresso pela “quantidade total de veículos / população urbana do município x 1.000”, de forma a se obter o indicador, cuja unidade é “veículos/1.000 habitantes”.

O Município de Goiás possui um total de 8 veículos, sendo: 2 caminhões compactadores; 4 caminhões basculantes; e 2 tratores agrícolas com reboque. Ressalta-se que embora possua 4 caminhões basculantes, apenas um é empregado no gerenciamento de resíduos sólidos. Portanto, para calcular o indicador médio de veículos por habitante, considerou-se o total de veículos igual a 5. Fazendo a operação indicada tem-se:

Quantidade total de veículos (Q_v) = 5

População urbana do município (P_{urb}) = 18.293 habitantes

$$(Q_v \div P_{urb}) \times 1000$$

$$(5 \div 18.293) \times 1000 = 0,2733$$

Em 2017, o indicador nacional mínimo era 0,02 veículos/1.000 habitantes e o máximo 2,24 veículos/1.000 habitantes; sendo o indicador médio 0,16 veículos/1.000 habitantes. (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 106). Comparando o indicador médio de veículos por habitante de Goiás (0,2733 veículos/1.000 habitantes) com os indicadores nacionais, particularmente o médio, infere-se que o município, em 2019, possui uma frota de veículos compatível com o tamanho da sua população urbana.

A geração de empregos diretos no setor de resíduos sólidos chegava a um valor médio nacional de 1,85 trabalhadores por 1.000 habitantes (indicador IN001 – taxa de empregados por habitante urbano) (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 111). No Município de Goiás, em 2017, o valor do indicador IN001 era de 2,75 trabalhadores por 1.000 habitantes, estando acima do indicador nacional.

Não existe cobrança pelo serviço regular de coleta domiciliar no Município de Goiás. A única exceção é a taxa cobrada para a remoção de RCC, no valor de R\$ 10,00/m³.

Não há receita arrecadada com os serviços relacionados ao manejo de resíduos sólidos em Goiás. Também não há ocorrência de recebimento de recurso federal para manejo de resíduos sólidos. Assim sendo, o município não tinha autossuficiência para manter as atividades necessárias, como apontava o indicador IN005 (autossuficiência financeira) (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a).

O Município de Goiás, em 2017, teve uma despesa total com o serviço de limpeza urbana no valor de R\$ 2.407.800,00. A despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana, medida através do indicador IN006, era de 132,53 R\$/habitante (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a), valor acima do indicador

médio nacional que é de 121,62 R\$/habitante (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 124).

Através dos indicadores IN023 (custo unitário médio do serviço de coleta) e IN043 (custo unitário médio do serviço de varrição), investiga-se dois dos principais serviços que compõem o conjunto das despesas com o manejo de resíduos sólidos e a limpeza urbana em um município. Em Goiás, o IN023 era de 322,58 R\$/tonelada (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a), valor muito acima do indicador nacional para municípios na faixa populacional 1, que é de 163,72 R\$/tonelada (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 127). O IN043 era 54,55 R\$/km (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017a), valor abaixo do indicador nacional para municípios na faixa populacional 1, que era de 78,82 R\$/km (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2017b, p. 128).

c) Instrumentos legais

À exceção da referida Lei nº 47, de 23 de dezembro de 2010, que criou o Programa de Coleta Seletiva do Município de Goiás, inexistente legislação específica, referente ao Saneamento Básico, particularmente à componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

O Município de Goiás está elaborando o PMSB, através do TED nº 17, firmado entre a FUNASA e o IFG. O PMSB se desenvolve em fases. Em dezembro de 2018 estavam concluídas as seguintes: formação dos Grupos de Trabalho (Produto A); elaboração do Plano de Mobilização Social (Produto B); e realização do Diagnóstico Técnico Participativo (Produto C). Quanto ao PMGIRS, este instrumento ainda não existe no município.

O elo de ligação entre o planejamento municipal e o estadual, naquilo que se refere ao Saneamento Básico, especificamente à componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, é o PERS de Goiás. Por este motivo, este instrumento está sendo consultado na elaboração do PMSB do Município de Goiás e deverá ser observado também quando da elaboração do PMIGIRS.

Observou-se que a componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é abordada em alguns instrumentos legais municipais, que se relacionam de alguma forma, e em alguma medida, ao Saneamento Básico, porém não de maneira aprofundada.

O Quadro 38 apresenta os principais instrumentos legais municipais existentes em Goiás, que possuem alguma interface com o Saneamento Básico.

Quadro 38 – Principais instrumentos legais do Município de Goiás relacionados ao Saneamento Básico.

Instrumento legal	Assunto
Lei nº 21, de 29 de dezembro de 1978	Estabelece o código de edificações do município.
Lei municipal, de 29 de março de 1990	Institui a Lei Orgânica do município.
Lei nº 206, de 29 de agosto de 1996	Estabelece o Plano Diretor Urbano de Goiás.
Lei nº 46, de 23 de dezembro de 2010	Dispõe sobre a Política Municipal de Educação Ambiental e dá outras providências.
Lei nº 47, de 23 de dezembro de 2010	Cria o Programa de Coleta Seletiva.
Lei nº 116, de 29 de dezembro de 2015	Dispõe sobre a realização de coleta de amostras de água dos reservatórios das escolas, centros municipais de educação infantil e unidades de saúde do Município de Goiás para análises.
Lei nº 117, de 29 de dezembro de 2015	Cria o Programa Municipal de Conservação e Uso Racional de Águas em Edificações.
Lei nº 124, de 30 de junho de 2016	Autoriza o Poder Executivo Municipal a estabelecer com o Governo do Estado de Goiás gestão associada para a prestação, planejamento, regulação e fiscalização dos serviços de Saneamento Básico, integrado pelas infraestruturas, instalações operacionais e serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

Fonte: Município de Goiás (2019).

O Plano Diretor do Município de Goiás é de caráter obrigatório, por tratar-se de um município classificado como área especial de interesse turístico. Nele, identifica-se em diferentes partes do documento, interfaces com as diretrizes de um PMSB. Este instrumento está passando por atualização. Em dezembro de 2018, foi apresentada uma minuta do diagnóstico do Plano Diretor do Município de Goiás.

Dentre os instrumentos legais apontados no Quadro 38, destaca-se a lei que criou o programa de coleta seletiva no município. Embora exista a lei, não há programa de coleta seletiva implantado.

A Prefeitura Municipal de Goiás tem a intenção de implantar a coleta seletiva no município, porém não há nenhum plano, programa ou projeto formalizado. Esta iniciativa, se efetivada, poderia colaborar para a redução da quantidade de resíduos que seriam destinados ao lixão e, por possuírem um valor econômico, poderia promover a geração de renda na comunidade local, principalmente para aqueles atores diretamente envolvidos com a coleta e o comércio de materiais recicláveis, além de incentivar o consumo consciente.

Neste sentido, o único fato concreto de que se tem notícia ocorreu em abril de 2018, quando a Secretaria Municipal de Meio Ambiente implantou um projeto para a coleta de resíduos eletrônicos em todo o município, em parceria com as escolas estaduais e municipais.

No primeiro semestre de 2018 houve outra iniciativa com o objetivo de promover a sensibilização e a Educação Ambiental no Município de Goiás. Santos (2018), aluna do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do IFG Campus Goiânia, desenvolveu um projeto gráfico para a confecção de placas educativas. Parte delas seriam instaladas na área urbana e turística da cidade e a outra parte nos locais onde se formam bolsões de lixo devido a deposições clandestinas, na intenção de diminuir o surgimento e a formação deles. Ao todo foram encaminhadas para a Secretaria Municipal de Meio Ambiente dez propostas, sem nenhum custo para a administração pública, uma vez que o trabalho foi voluntário. Porém, o projeto não foi executado por falta de recursos financeiros para fazer e instalar as placas (Figura 133).

Figura 133 – Propostas para confecção de placas educativas.



Fonte: Projeto gráfico de Santos (2018).

6.4 Análise da situação dos resíduos sólidos no Município de Goiás

As informações relativas à prestação dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás foram compiladas e submetidas a uma avaliação.

Para tanto, foram estipulados critérios baseados nos requisitos legais estabelecidos pela PNRS (BRASIL, 2010a). Estes critérios foram confrontados com as informações obtidas, através de uma matriz, que pode ser observada no Quadro 39.

Na primeira coluna da matriz foram listadas as unidades territoriais do Município de Goiás e na primeira linha estão os critérios. A avaliação é bastante simples: para as respostas afirmativas (sim) a célula foi preenchida na cor verde; para as negativas (não) o preenchimento foi feito na cor vermelha. Para os casos onde há pelo menos uma iniciativa que responda afirmativamente foi empregada a cor amarela. E por fim, para as perguntas que não podem ser respondidas por falta de dados e informações, as células foram preenchidas com um “X”.

Observa-se que predomina a cor vermelha na matriz, sendo possível identificar visualmente e com clareza o quanto o Município de Goiás ainda precisa caminhar para satisfazer aspectos e requisitos legais estabelecidos pela PNRS.

Quadro 39 – Avaliação da prestação dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.

Unidade territorial do município	Critérios de avaliação															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Área urbana	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Distritos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	X	X	■	■	■	■
Assentamentos	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	X	X	■	■	■	■
Povoados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	X	X	■	■	■	■
Área rural	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	X	X	■	■	■	■
<p>A. Há caracterização física, química e biológica dos resíduos sólidos? B. Há coleta pública de resíduos sólidos? C. Há frequência estabelecida para coleta de resíduos sólidos? D. Há coleta seletiva implantada? E. Há compostagem dos resíduos sólidos orgânicos? F. Há sistema de logística reversa implantado? G. Há cooperativa de catadores de materiais recicláveis? H. Há destinação adequada dos resíduos domiciliares (RSD)? I. Há destinação adequada de resíduos de limpeza urbana (RPU)? J. Há destinação adequada de resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RCO)? K. Há destinação adequada de resíduos de serviços de saúde (RSS)? L. Há destinação adequada de resíduos de serviços de transportes (RTR)? M. Há controle e fiscalização dos geradores de resíduos industriais (RIN)? N. Há controle e fiscalização dos geradores de resíduos agrossilvipastoris (RAG)? O. Há controle e fiscalização dos geradores de resíduos de mineração (RMI)? P. Há campanhas educativas referentes à limpeza urbana?</p>																
Legenda:	■	Não			■	Há iniciativas isoladas				■	Sim		X	Não foi informado		

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

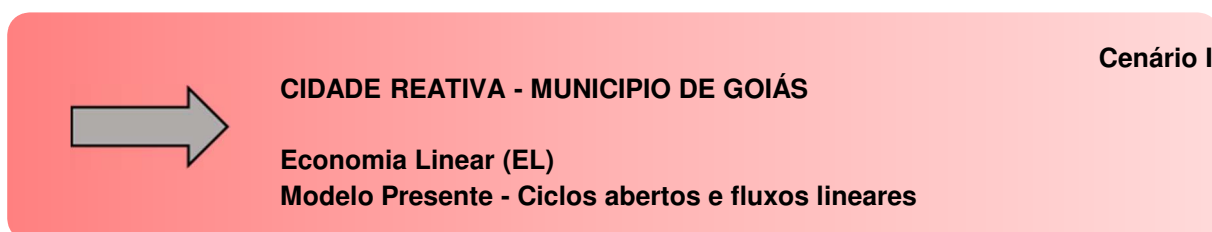
O Município de Goiás enquadra-se no cenário I (Cidade Reativa), analisado na seção na seção 5.1 deste trabalho. O seu sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos tem como referência o Modelo Presente, também analisado na seção 5.1.

A gestão municipal é convencional, focada no gerenciamento de resíduos sólidos, com disposição final em lixão, o que é compatível com um modelo configurado por ciclo aberto e o fluxo linear.

Atua-se no controle dos impactos ambientais ao invés de se atuar nos aspectos que os geram, o que evidencia uma visão corretiva por parte da administração pública municipal.

A Figura 134 mostra o enquadramento do Município de Goiás no cenário I, para efeito de estudo.

Figura 134 – Enquadramento do Município de Goiás no cenário I.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O processo de gerenciamento encontrado no Município de Goiás é do tipo I (retratado na Figura 37, no capítulo 5). Ele foi observado e analisado com base nas mesmas perguntas que orientaram a construção do Modelo de Transição no capítulo 5 (apresentadas no Quadro 3, no capítulo 2, seção 2.2, referente à metodologia empregada). As perguntas se relacionam ao enunciado Q4 (realçado logo abaixo na cor cinza) e foram adaptadas para a realização da análise na unidade-caso.

Segue a análise do processo de gerenciamento encontrado no Município de Goiás, a partir deste ponto denominado processo *AS IS* Goiás, para efeito de estudo.

Q4. Considerando e comparando: (I) o processo *AS IS* Goiás, que foi concebido, estruturado e implantado nos moldes da Economia Linear; e (II) a perspectiva apresentada pela Economia Circular, pergunta-se:

a) É possível modificar etapas do processo AS IS Goiás para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser modificadas e como?

Na esfera municipal, não há como modificar etapas do processo na fase pré-consumo, porque isto foge do alcance da administração pública local. Entretanto, o Município de Goiás pode atuar no campo da gestão da seguinte forma: (I) criar mecanismos para atrair negócios e empreendimentos circulares; (II) estipular parâmetros para caracterizar o grande gerador; (III) estabelecer instrumentos de gestão municipal proativos para disciplinar a atuação dos grandes geradores; (IV) exigir o cumprimento da PNRS, no sentido de que o grande gerador assuma a sua responsabilidade pela elaboração, implantação e operação de PGRS fundamentado nos pressupostos da Economia Circular.

Por outro lado, na fase pós-consumo, a modificação de etapas do processo na esfera municipal é possível e refere-se fundamentalmente à segregação, ao acondicionamento e à coleta seletiva, de modo a possibilitar a logística reversa e, por conseguinte, a valorização dos resíduos sólidos.

b) É possível acrescentar etapas no processo AS IS Goiás para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser acrescentadas e como?

Novamente, a atuação do poder público municipal é restrita à fase pós-consumo. Embora o Município de Goiás tenha adotado o processo de gerenciamento convencional, percebe-se que há atividades suprimidas ou mal executadas em boa parte das etapas.

Realiza-se a coleta dos resíduos sólidos, porém não há segregação na fonte geradora. O acondicionamento não é adequado, porque não promove a preservação da qualidade do material coletado. Assim sendo, é preciso acrescentar atividades na etapa de coleta, mais que isso, é preciso torná-la seletiva. Uma vez implantada a coleta seletiva, o acondicionamento, as rotas e os veículos terão que ser adaptados para possibilitar a operação adequada da etapa de transporte.

A etapa de destinação final precisa contemplar soluções diferentes da atual, que é a disposição final. Em relação a esta última, é preciso alterar a forma de disposição final: erradicar o lixão e encaminhar os rejeitos para um aterro sanitário municipal ou consorciado.

Portanto, não é necessário acrescentar etapas ao processo de gerenciamento mas, sim, executar atividades dentro de cada etapa deste processo, que não estão sendo realizadas no município.

O processo de gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Goiás está falhando porque há deficiências na gestão. No que se refere ao planejamento do sistema de gestão e

manejo de resíduos sólidos em Goiás, indica-se as medidas descritas na seção 5.1.1, alínea b. Para facilitar a leitura, aponta-se as ações necessárias no Município de Goiás no Quadro 40, agrupadas por componente de planejamento.

Quadro 40 – Ações necessárias no Município de Goiás agrupadas por componente de planejamento.

Componente	Ações
Política	Constituir um quadro de pessoal tecnicamente preparado.
	Obter recursos financeiros para enfrentar a questão dos RSU.
	Estabelecer parcerias com atores sociais que realizam ou desempenham atividades relativas aos resíduos sólidos.
	Verificar possibilidades e vantagens na cooperação com outros entes federados por meio do estabelecimento de consórcios públicos.
	Instituir instrumentos de Gestão Ambiental (legais e econômicos).
	Elaborar, institucionalizar e implantar planos, programas, ações e projetos relativos aos RSU, no âmbito da administração pública municipal.
Física	Projetar, construir, gerir e operar uma rede de áreas para realizar o manejo, ou seja, a recepção, o transbordo, o tratamento, a destinação dos resíduos sólidos e a disposição final de rejeitos.
Programática	Estabelecer programa para treinamento de pessoal interno e de operadores do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos.
	Estabelecer programa para promover a comunicação social eficiente das ações ambientais e sanitárias no município.
	Estabelecer programa para promover a Educação Ambiental formal e informal no município.
	Estabelecer programa para nortear as ações de fiscalização e controle ambiental e sanitário no município.
	Estabelecer diretrizes detalhadas para o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados em atividades turísticas.
	Estabelecer diretrizes detalhadas para o gerenciamento dos RSS gerados em unidades municipais e particulares.
	Estabelecer diretrizes detalhadas para o gerenciamento dos RCC oriundos de pequenos e grandes geradores, públicos e privados.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

c) É possível eliminar etapas do processo AS IS Goiás para se atingir a Economia Circular? Se sim, quais etapas podem ser eliminadas e como?

Não é possível eliminar etapas do processo de gerenciamento de resíduos sólidos no Município de Goiás, visto que opera-se no contexto da Economia Linear, que se baseia em extrair, transformar, produzir, distribuir, consumir e descartar bens e serviços. Neste contexto a geração de resíduos sólidos é intensa e contínua, portanto todas as etapas da cadeia de gerenciamento são necessárias.

d) É possível promover a completa eliminação dos resíduos sólidos no Município de Goiás e, desta maneira, dispensar e erradicar as áreas de disposição final? Caso sim, como?

Se o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos e o seu respectivo processo de gerenciamento forem alterados para se adequar à PNRS e aos pressupostos da Economia Circular, pelo menos no que se refere à fase pós-consumo, e se a população do Município de Goiás colaborar com a coleta seletiva, boa parte do volume de resíduos sólidos gerados no município poderia ser valorizada e, portanto, a necessidade de realizar a disposição final seria menor.

Entretanto, no contexto da Economia Linear, a completa eliminação dos resíduos sólidos não é possível. Assim sendo, também não é possível dispensar as áreas de disposição final, a menos que os rejeitos sejam empregados na sua totalidade na geração de energia em processos termoquímicos. Estes últimos se adaptam melhor em centrais de resíduos sólidos de grande porte, que atendem a mais de um município e, normalmente, são aplicáveis em soluções consorciadas.

No caso específico do Município de Goiás, o lixão precisa ser erradicado, mas um aterro sanitário ainda será necessário.

e) É necessário estabelecer etapas transitórias? Se sim, quais?

A transição da Economia Linear para a Circular requer políticas de Estado na esfera federal. Os municípios podem e devem participar de discussões nacionais e apresentar suas necessidades, sugestões e expectativas. Porém, não lhes cabe o papel de determinar novos rumos para a economia nacional.

Entretanto, o planejamento municipal precisa permitir a evolução e a adaptação do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos e do seu processo de gerenciamento.

No Município de Goiás, a tarefa do planejamento ainda está por fazer. O PMSB ainda está sendo elaborado. Em dezembro de 2018 foi concluído o diagnóstico municipal e, até o final de junho de 2019, ainda não havia se iniciado a elaboração do prognóstico. Também não há um PMGIRS. Portanto, existe uma janela de oportunidade para a inclusão de estratégias no sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos e de atividades no processo de gerenciamento, de tal forma que os aproxime da configuração circular.

Cinco estratégias, bastante conhecidas e divulgadas, seriam capazes de promover um salto qualitativo na prestação dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás e, ainda, abrir portas para a Economia Circular, são elas: Lixo Zero, segregação na fonte geradora, coleta seletiva, compostagem e logística reversa.

Se estas estratégias fossem implantadas e operadas satisfatoriamente, o Município de Goiás saltaria do cenário I para o II, ou seja, seria enquadrado no contexto da Cidade Transição.

f) No Município de Goiás, quais etapas do pensamento atual precisariam ser vencidas para promover a evolução do atual sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos?

No âmbito da administração pública municipal é preciso substituir a visão corretiva pela visão preventiva.

É imprescindível superar barreiras políticas e partidárias e, concomitantemente, abrir canais de comunicação e negociação com os demais municípios da região de planejamento, onde o Município de Goiás está inserido. Se houver a compreensão de que todos enfrentam problemas semelhantes e de que a cooperação é um caminho onde todos cedem alguma coisa para ganhar muito em produtividade, qualidade e economia de escala, as tecnologias avançadas poderão ser adotadas, os lixões erradicados e os custos divididos e diluídos.

Será necessário também um trabalho muito forte de Educação Ambiental junto à população para apresentar e explicar ideias, ouvir sugestões, promover a participação e a adesão. Por melhor e mais técnico que seja um plano, um programa, as ações e os projetos no âmbito da administração pública municipal, se não houver compreensão e adesão por parte da população corre-se o risco do fracasso, visto que as primeiras etapas do processo de gerenciamento de resíduos sólidos são muito dependentes do munícipe. Neste ponto, o fator cultural pesa bastante.

g) Como atingir a Economia Circular na prática, em nível local?

Conceber, implantar, monitorar e avaliar um projeto piloto na escala do bairro seria uma estratégia muito adequada para o Município de Goiás.

A análise da situação identificada no diagnóstico revelou os seguintes pontos negativos: (I) inexistência de coleta seletiva; (II) inexistência de um sistema de logística reversa, ainda que mínimo, o que implica na necessidade do poder público municipal realizar uma tarefa que é do setor empresarial, sem ser remunerado para tanto; (III) utilização de lixão como forma de destinação e disposição final de resíduos sólidos diversos; (IV) queima e aterramento de resíduos sólidos diversos pelos moradores da zona rural; (V) ausência de regulamentação, controle, fiscalização e monitoramento de resíduos sólidos produzidos por grandes geradores, principalmente pessoas jurídicas, a saber: indústrias, empresas agropecuárias e mineradoras; (VI) a Secretaria Municipal de Meio Ambiente não possui quadro de pessoal adequado nem em quantidade, nem em qualidade; (VII) catadores autônomos de materiais recicláveis e reutilizáveis trabalhando no lixão; e (VIII) Inexistência de programas voltados para a atração e o desenvolvimento de empreendimentos na área ambiental.

O Lixão, forma de disposição final de resíduos sólidos adotada no Município de Goiás, além de irregular do ponto de vista legal, não observa a boa técnica e prática de engenharia. Ao analisar a sua localização geográfica, percebe-se que esta área pode ser simultaneamente um passivo ambiental⁴³ e um risco⁴⁴ ao meio ambiente e a saúde pública.

Ressalta-se que a área do lixão localiza-se no domínio de aquífero fraturado, em solo classificado como cambissolo (grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável), na bacia do Rio Vermelho a montante da foz Rio do Bugre. A área do lixão é circunvizinha de propriedades rurais, onde alimentos são produzidos, e está muito próxima de cursos d'água superficiais.

⁴³ Passivos ambientais são deposições antigas e sítios contaminados que apresentam riscos para o bem estar da coletividade, segundo a avaliação tecnicamente respaldada das autoridades competentes (SCHIANETZ, 1999). O passivo ambiental pode ser entendido, em um sentido mais restrito, como o valor monetário necessário para custear a reparação do acúmulo de danos ambientais causados por um empreendimento, ao longo de sua operação. Todavia, o termo passivo ambiental tem sido empregado, com frequência, para conotar, de uma forma mais ampla, não apenas o custo monetário, mas a totalidade dos custos decorrentes do acúmulo de danos ambientais, incluindo os custos financeiros, econômicos e sociais (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1999).

⁴⁴ Segundo Sanchez (2008, p. 314-331) risco é a probabilidade de uma comunidade sofrer consequências econômicas, sociais ou ambientais, em uma área particular e durante um tempo de exposição determinado. São fatores de risco: a periculosidade; a vulnerabilidade; a exposição ao perigo. Se qualquer um destes fatores aumentarem, o risco aumentará.

Algumas práticas demonstram o interesse por parte da administração pública municipal de buscar melhorias, são elas: a implantação da coleta seletiva de resíduos eletrônicos nas escolas e o projeto para converter o lixão municipal em aterro sanitário simplificado.

Existem medidas que poderiam promover boas melhorias, são elas: (I) implantar a coleta seletiva; (II) promover e participar de discussões relativas à implantação de sistemas de logística reversa, com o objetivo de delimitar o papel do município. As ações do poder público municipal deverão ser devidamente remuneradas, caso continue se encarregando de atividades de responsabilidade do setor empresarial; (III) adotar medidas emergenciais de controle ambiental na área do lixão para operar com um mínimo de segurança até que seja construído um aterro adequado no local ou em outro lugar; (IV) atender os moradores da zona rural naquilo que se refere ao gerenciamento dos resíduos sólidos; (V) regulamentar, controlar e fiscalizar os grandes geradores de resíduos sólidos, principalmente pessoas jurídicas; (VI) estruturar a secretaria de meio ambiente, reforçar o quadro de pessoal encarregado do controle e da fiscalização ambiental em termos quantitativos e qualitativos; (VII) mobilizar e apoiar os catadores autônomos de materiais recicláveis e reutilizáveis promovendo o associativismo; e (VIII) atrair e apoiar atores da cadeia de reciclagem, tais como: cooperativas de catadores; pequenos, médios e grandes sucateiros; transportadores de resíduos; empresas especializadas em transbordo, triagem, tratamento e geração de energia; e indústrias recicladoras.

No tocante à Economia Circular, o salto a ser dado pelo Município de Goiás é muito grande. Porém, isto pode ser uma vantagem, visto que o planejamento pode começar praticamente do zero e estabelecer componentes físicas, políticas e programáticas pautadas por princípios avançados e inovadores. Ou seja, ao invés de “consertar” componentes incompatíveis com a Economia Circular, existe a oportunidade de conceber componentes para operar em um período de transição da Economia Linear para a Circular.

6.5 Prognóstico: aplicação do Modelo de Transição no Município de Goiás

Conforme apontado, no Município de Goiás não há segregação de resíduos sólidos na fonte geradora e nem coleta seletiva. Por conseguinte, não se diferencia os ciclos dos materiais, e não há distinção dos fluxos de nutrientes biológicos e técnicos.

Entretanto, há um problema antecedente: o município não caracterizou o pequeno e o grande gerador e assumiu a responsabilidade por resíduos sólidos que, de acordo com a PNRS (BRASIL, 2010a), não seriam uma responsabilidade direta da administração pública municipal.

Neste ponto, observou-se que a ordem empregada na construção do Modelo de Transição, apresentado no capítulo 5, precisava ser alterada no caso da unidade-caso. No Modelo de Transição, em primeiro lugar, distinguiu-se os ciclos e depois identificou-se os atores e o seu posicionamento nas fases do ciclo de produção e consumo. Ao aplicar o Modelo de Transição no planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás, foi necessário inverter a ordem empregada no Modelo de Transição e identificar primeiramente os atores, porque já existe um sistema implantado e operando. Logo, não é possível começar pela distinção dos ciclos.

Outro ponto percebido, é que na unidade-caso o Modelo de Transição só pode ser aplicado na fase pós-consumo, porque é o nível de atuação da administração pública municipal. Assim sendo, ao empregar o Modelo de Transição em casos semelhantes ao da unidade-caso, identifica-se primeiramente os atores e, em seguida, se atribui a eles a distinção dos ciclos dos materiais em seus respectivos campos de atuação. Desta forma, não ocorrerão ingerências que venham a desestabilizar o sistema existente que, embora não seja o ideal, está implantado e cumprindo um papel no saneamento municipal. Ao modificar o sistema existente é preciso ter cautela para não prejudicar a prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no município.

Assim sendo, antes de pensar em diferenciar os ciclos de materiais no Município de Goiás é necessário identificar os atores e definir as suas responsabilidades diretas. Em um segundo momento, conforme previsto em lei (BRASIL, 2010a), estas responsabilidades podem ser compartilhadas, parcerias podem ser estabelecidas e serviços podem ser prestados mediante alguma contrapartida. Mas, como ponto de partida, é preciso definir papéis dentro e fora da administração pública municipal.

No diagnóstico do Município de Goiás ficou evidenciado que o setor de serviços tem 48% de participação na economia municipal e está fortemente embasado na atividade turística. Este setor é gerador de resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços. A lei faculta ao município assumir ou não a responsabilidade por este tipo de resíduo sólido e foi

isto o que fez a administração pública municipal. Entretanto, entende-se que estes atores precisam ser cobrados, pelo menos, naquilo que se refere à segregação e ao acondicionamento dos resíduos sólidos que produzem, o que viabilizaria, na parte que lhes toca, a coleta seletiva e a logística reversa.

A administração pública, constituída de órgãos municipais e de representações de instituições estaduais e federais, ocupa o segundo lugar na participação na economia municipal, com 23%. Estes atores também não assumiram a responsabilidade por seus resíduos sólidos, cabendo à administração pública municipal a tarefa de realizar todo o processo de gerenciamento. Neste caso, é necessário conceber, implantar e operar PGRS nos órgãos da administração pública municipal e exigir que os demais na esfera estadual e federal façam o mesmo.

Naquilo que se refere ao setor agropecuário, que é bastante significativo na economia do Município de Goiás (23% de participação na economia municipal), é preciso constituir um banco de dados e informações a respeito dos resíduos sólidos gerados por este setor e também responsabilizá-los. Embora não haja registros oficiais, sabe-se que os resíduos sólidos gerados nas atividades deste setor, por pequenos e grandes geradores, são encaminhados para o lixão de Goiás e também dos municípios vizinhos, dependendo da distância entre a propriedade rural e a área de disposição final mais próxima. Novamente, é preciso caracterizar os grandes geradores do setor e exigir que seja concebido, implantado e operado o PGRS. Disponibilizar pontos de coleta na zona rural, principalmente nos distritos e assentamentos, atenderia o pequeno gerador e a população residente na zona rural. Também contribuiria para desviar o fluxo dos resíduos agrossilvipastoris, que seriam depositados no lixão, e promover a valorização da sua fração reciclável.

Embora o setor industrial seja pouco significativo no Município de Goiás (6% de participação na economia municipal) e venha apresentando uma forte retração, também é preciso caracterizar os geradores e cobrar as ações cabíveis. Para os pequenos geradores é preciso estabelecer a obrigatoriedade de separar os resíduos sólidos e para os grandes geradores, exigir a concepção, implantação e operação do PGRS.

Resumindo e empregando uma expressão popular bastante usual no Município de Goiás, trata-se de “dar nomes aos bois”. Tecnicamente isto é feito no âmbito de um PMGIRS que, submetido a consulta pública e à aprovação pelo poder legislativo local, é convertido em lei municipal e passa a ser um importante instrumento de Gestão Ambiental.

No Quadro 41 encontram-se relacionados os atores atuantes no Município de Goiás, agrupados por setor da economia e por tipo de resíduo sólido que geram. Para cada ator foi apontado o tipo de plano que ele deve desenvolver, de acordo com a PNRS (BRASIL, 2010a).

Uma vez identificados os atores, definidos os limites e as responsabilidades de cada um, principalmente em relação à coleta seletiva e à logística reversa, é possível estabelecer a diferenciação dos ciclos dos materiais no âmbito dos planos de resíduos sólidos a serem elaborados, implantados e operados por cada um deles.

Quadro 41 – Atores, fontes geradoras e planos de resíduos sólidos no Município de Goiás.

ATOR	RESÍDUO	PLANO	RESPONSÁVEL DIRETO
Administração pública municipal	RSD	PMGIRS	Prefeitura
	RPU	PMGIRS	Prefeitura
Setor de serviços	RSS*	PMGIRS	Gerador-Prefeitura
	RTR*	PMGIRS	Gerador-Prefeitura
	RCO**	PGRS	Gerador
Administração pública estadual	RSB (ETA)	PGRS	Gerador-SANEAGO
	RSB (ETE)	PGRS	Gerador-SANEAGO
Setor agropecuário	RAG**	PGRS	Gerador
Setor industrial	RCC**	PGRS	Gerador
	RIN	PGRS	Gerador
	RMI	PGRS	Gerador
Todos os setores	RLR	PMGIRS e PGRS	Todos os geradores
Siglas: Resíduos domiciliares (RSD) Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RCO) Resíduos de limpeza urbana (RPU) Resíduos de serviços de saúde (RSS) Resíduos de serviços de transportes (RTR) Resíduos da construção civil (RCC) Resíduos dos serviços públicos de Saneamento Básico (RSB) Resíduos sujeitos a logística reversa (RLR) Resíduos industriais (RIN) Resíduos agrossilvipastoris (RAG) Resíduos de mineração (RMI)		Símbolos: *Serviços prestados pela Prefeitura Municipal de Goiás. **A administração pública municipal pode assumir os resíduos gerados por pequenos geradores. Para tanto, precisa caracterizar o pequeno e o grande gerador para estabelecer limites e responsabilidades.	

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Embora a Prefeitura Municipal de Goiás tenha assumido a responsabilidade por outros tipos de resíduos, definiu-se que o planejamento e a concepção de um sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos para o Município de Goiás, na perspectiva de um período de transição entre a Economia Linear e a Circular, se concentraria no fluxo de RSU, por ser este o recorte da pesquisa.

Portanto, neste trabalho, o ator é a administração pública municipal. Cabe-lhe elaborar o PMGIRS e, obrigatoriamente, se responsabilizar pelos RSU (o conjunto dos resíduos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana), especificamente na fase pós-consumo no ciclo dos nutrientes técnicos e na fase pós-consumo no ciclo dos nutrientes biológicos.

O Quadro 42 lista os tipos de resíduos sólidos gerados na fase pós-consumo do ciclo de produção e consumo, cuja responsabilidade se atribui à Prefeitura Municipal de Goiás, e os relaciona aos ciclos biológico e técnico. Esta distinção dos ciclos e dos tipos de resíduos sólidos é imprescindível para determinar o fluxo e a destinação de cada tipo de resíduo que compõe a massa dos RSU.

As cores verde e azul, aplicadas nos campos que nomeiam os ciclos, referem-se, respectivamente, aos processos B e T. A cor laranja refere-se ao processo de destinação e disposição final dos rejeitos, uma mistura de resíduos orgânicos e inorgânicos. Por estarem misturados, o seu aproveitamento em processos mais simples e de menor custo é inviável. Entretanto, os rejeitos ainda podem ser desviados das áreas de disposição final e encaminhados para processos de geração de energia, o que é mais complexo e mais caro, porém possível. Assim sendo, o esquema de cores adotado na representação dos processos segue o padrão estabelecido para o Modelo de Transição (apresentado nas seções 5.2.1 e 5.2.2).

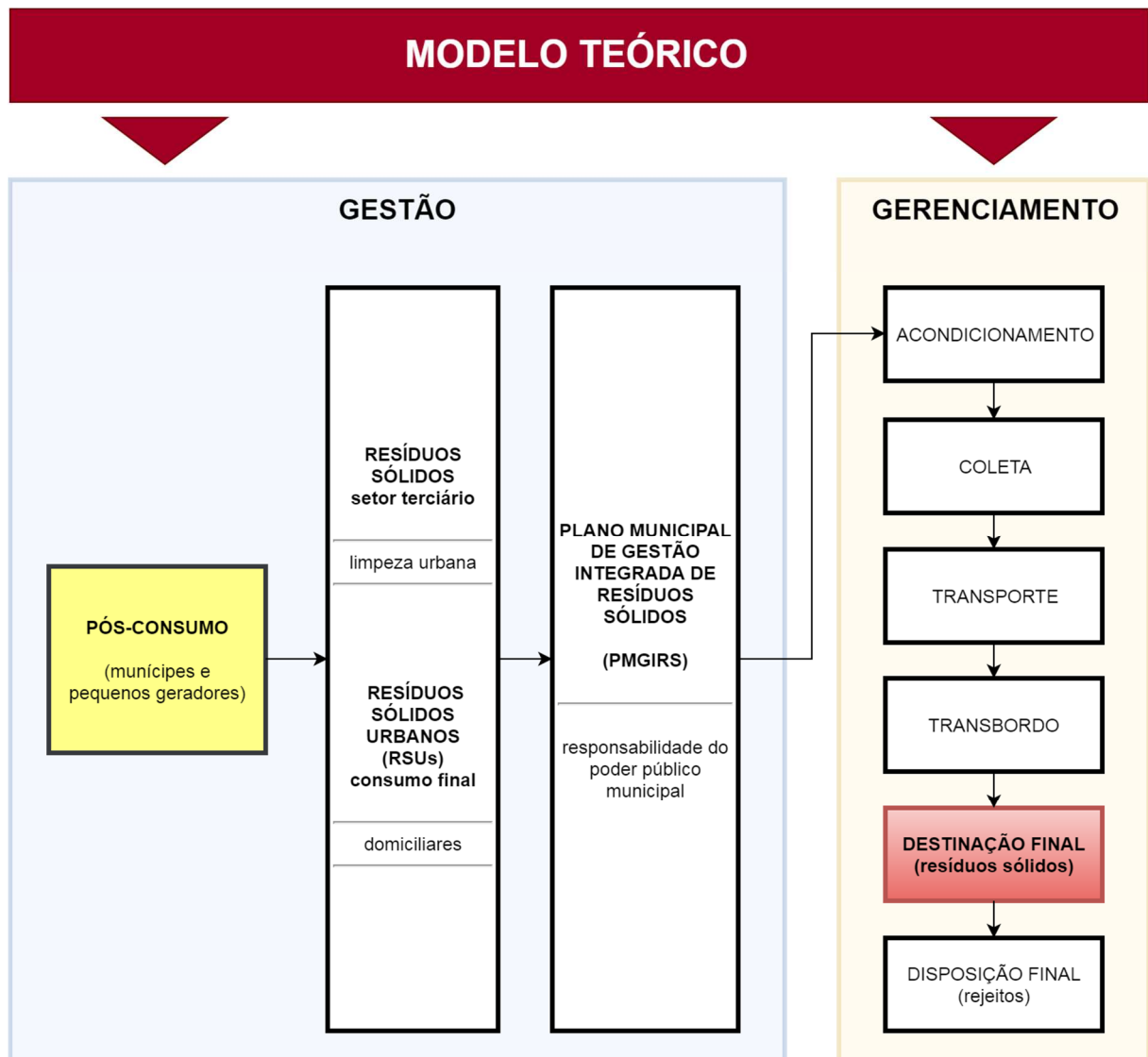
Quadro 42 – Resíduos sólidos urbanos gerados na fase pós-consumo no Município de Goiás.

FASE	RESÍDUOS SÓLIDOS	CICLO BIOLÓGICO (Processo B Goiás)	CICLO TÉCNICO (Processo T Goiás)
Pós-consumo	RDO	Materiais orgânicos gerados em residências.	Materiais inorgânicos gerados em residências.
		Rejeitos: mistura de materiais orgânicos e inorgânicos	
	RPU	Materiais orgânicos gerados nos logradouros públicos.	Materiais inorgânicos gerados nos logradouros públicos.
		Rejeitos: mistura de materiais orgânicos e inorgânicos	
Siglas: Resíduos sólidos domiciliares e resíduos comerciais com características similares (RDO); Resíduos de limpeza urbana (RPU).			

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Neste trabalho, o planejamento e a concepção do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás, baseia-se no Modelo de Transição, desenvolvido no capítulo 5 (Figura 135). Ele foi a referência, o elemento norteador. Ele estabeleceu os objetivos e as metas a serem alcançados pelo sistema de gestão que, por sua vez, determinou alterações nas etapas do processo de gerenciamento de resíduos sólidos, de modo a favorecer e possibilitar a transição da Economia Linear para a Circular no Município de Goiás.

Figura 135 – Planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Todas as explicações a respeito dos ciclos, fluxos, fases, etapas e atividades dos processos, bem como das soluções tecnológicas apontadas no Modelo de Transição, subsidiaram o planejamento e a concepção de um sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos para o Município de Goiás, na perspectiva de um período de transição entre a Economia Linear e a Circular. Portanto, não é necessário repetir aqui todo o conteúdo do capítulo anterior. Por isso, optou-se por comentar apenas as peculiaridades e os pontos divergentes entre o Modelo de Transição e a realidade apreendida por meio do diagnóstico municipal.

6.5.1 O ciclo dos nutrientes biológicos e o processo B no Município de Goiás

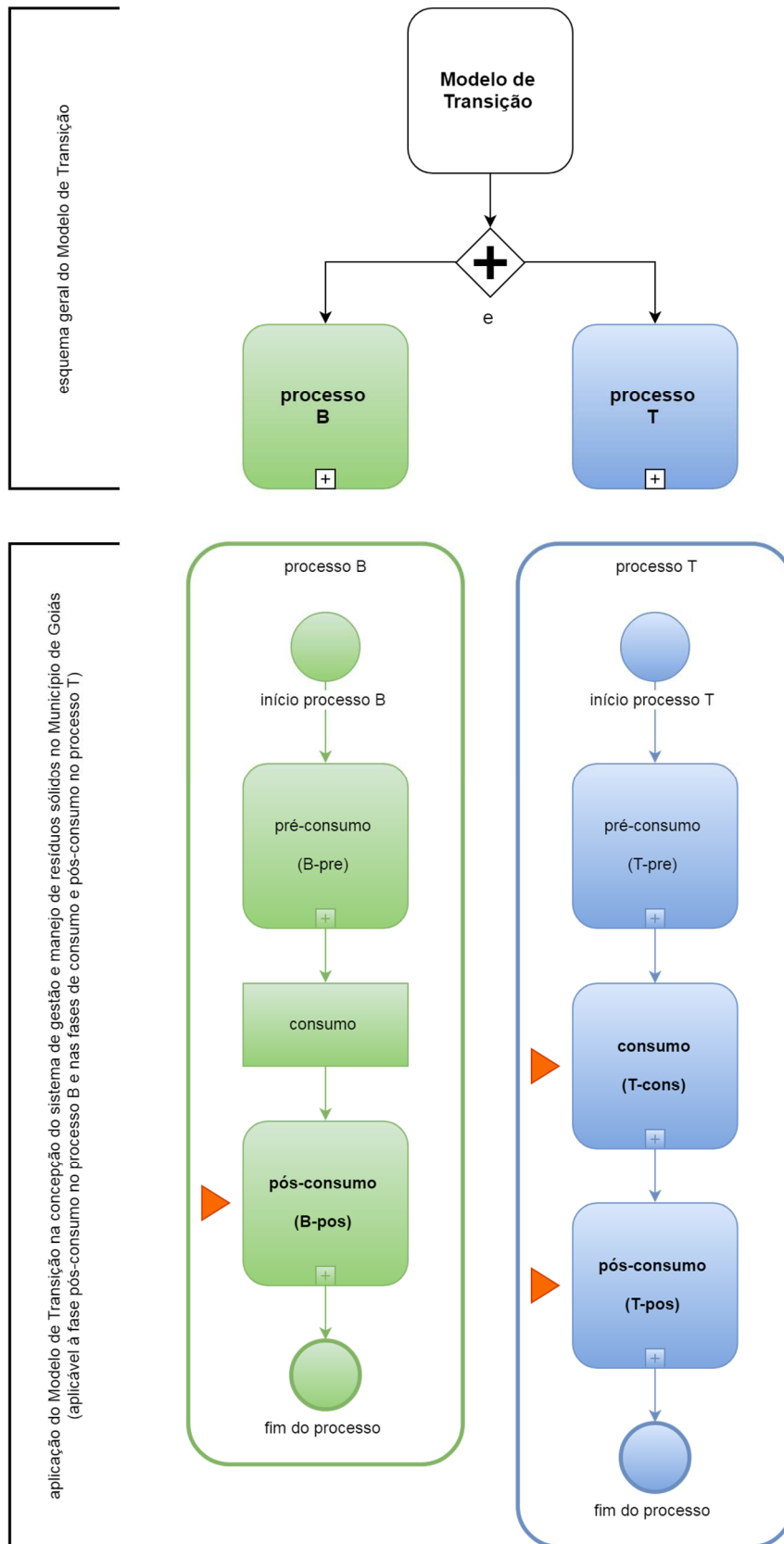
Seguindo a recomendação do Modelo de Transição, pretende-se que o sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás seja constituído de dois ciclos e seus respectivos processos. O processo B refere-se ao ciclo dos nutrientes biológicos; o processo T, ao ciclo dos nutrientes técnicos (Figura 136).

No Modelo de Transição, apresentado no capítulo 5, ambos os processos (B e T) se iniciam na fase pré-consumo do ciclo de produção e consumo. No caso do Município de Goiás, o processo B se inicia na fase pós-consumo e o processo T, nas fases de consumo e pós-consumo, porque a possibilidade de atuação da administração pública municipal, na fase pré-consumo, é muito restrita (Figura 136).

Fehr (2018) concorda que a gestão pré-consumo foge da alçada dos municípios e tem que ser tratada em níveis superiores e acrescenta que “o modelo de transição avança um bom trecho se ataca as fases de consumo e pós-consumo que realmente ocorrem no município. Esse seria o limite teórico da Economia Circular que a administração municipal pode atingir”.

Esta é uma das divergências encontradas entre o Modelo de Transição e a realidade municipal. Ressalta-se que, dadas as características das esferas de poder e da hierarquia legal no Brasil, não seria diferente se o Modelo de Transição estivesse sendo aplicado na concepção do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos de qualquer outro município brasileiro.

Figura 136 – Modelo de Transição e sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

No que se refere ao RSU de natureza biológica, é na fase pós-consumo que começa o trabalho da administração pública do Município de Goiás (Figura 137).

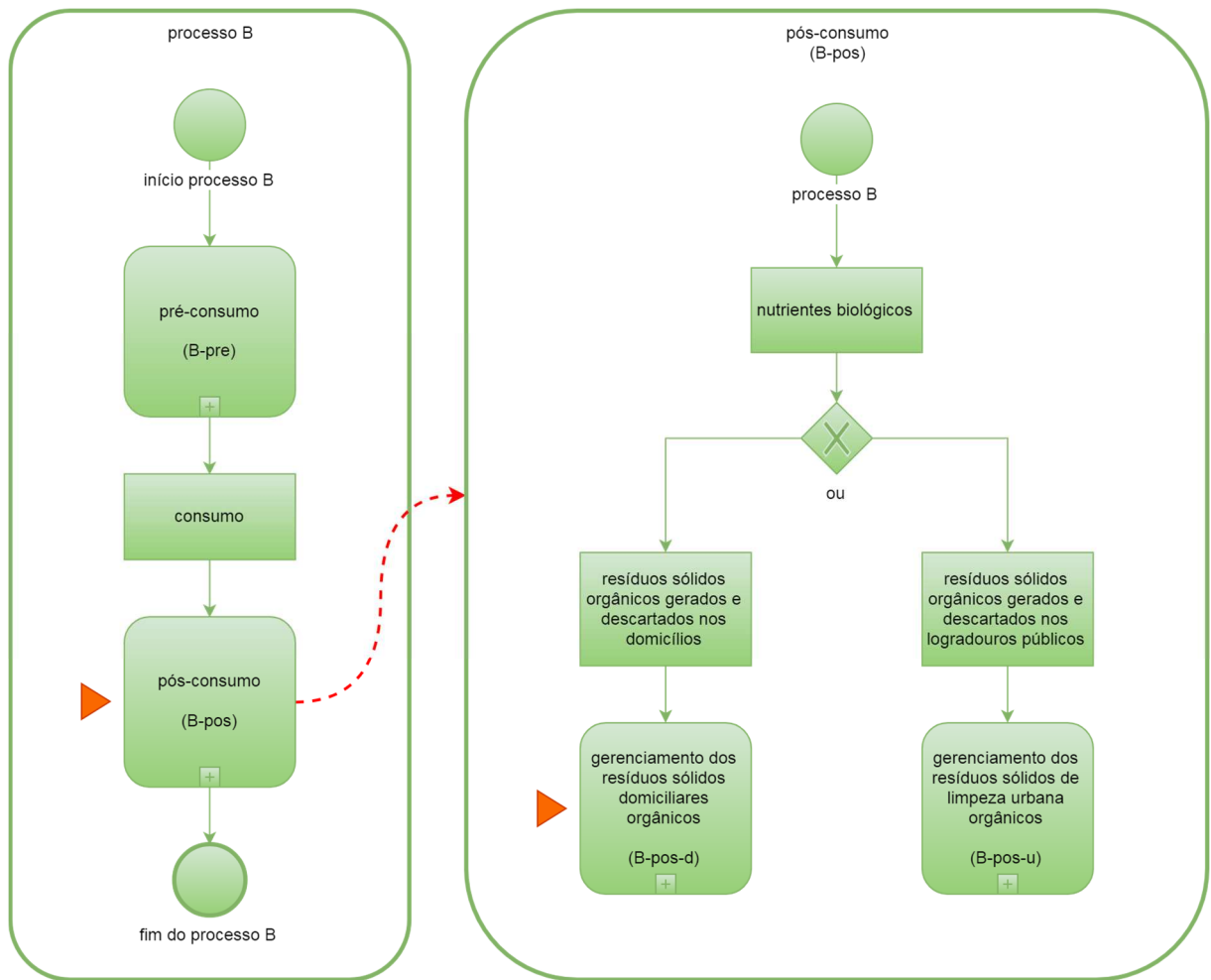
Como a intenção é aproveitar o máximo possível a fração orgânica do RSU, é preciso manter a decomposição do fluxo logo no início do manejo, conforme proposto no Modelo de Transição, para preservar a qualidade dos resíduos sólidos orgânicos e não aumentar a quantidade de rejeitos.

Então, haverá dois subfluxos: o dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos e o dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos. E, decorrentes destes subfluxos, dois subprocessos: o de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (B-pos-d na Figura 137); e o de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (B-pos-u na Figura 137).

Todos os processos e subprocessos referentes ao ciclo de nutrientes biológicos foram representados na cor verde. O fluxo a ser seguido está indicado com setas vermelhas pontilhadas. Os triângulos vermelhos sempre indicam que há subprocessos dentro do processo apresentado na figura e que foram detalhados em outras figuras por meio de fluxograma específico.

Na Figura 137 o triângulo vermelho à direita indica o subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (B-pos-d), que será comentado na sequência.

Figura 137 – Fluxo dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos na fase pós-consumo (processo B Goiás).

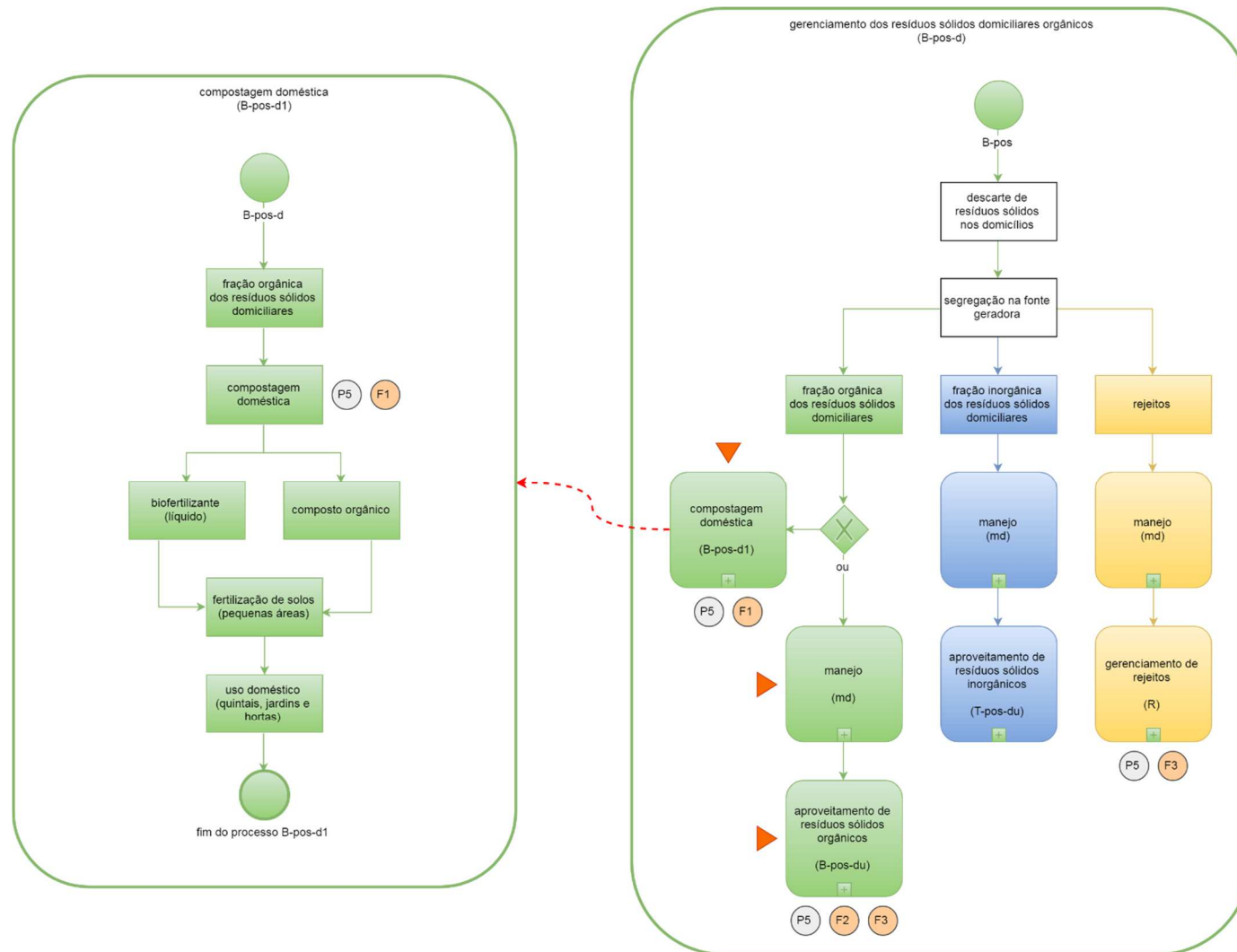


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Seguindo o fluxo do subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (B-pos-d), detalhado na Figura 138, o subprocesso seguinte refere-se à compostagem doméstica, esquematizada no fluxograma B-pos-d1, à esquerda da Figura 138.

A área urbana do Município de Goiás não é verticalizada. A cidade cresce e se consolida horizontalmente e as casas geralmente possuem quintais e jardins. Isto quer dizer que incentivar a compostagem doméstica é uma boa estratégia, pois o munícipe dispõe de espaço físico para realizar as atividades e pode aproveitar os produtos resultantes do processo em seu próprio domicílio.

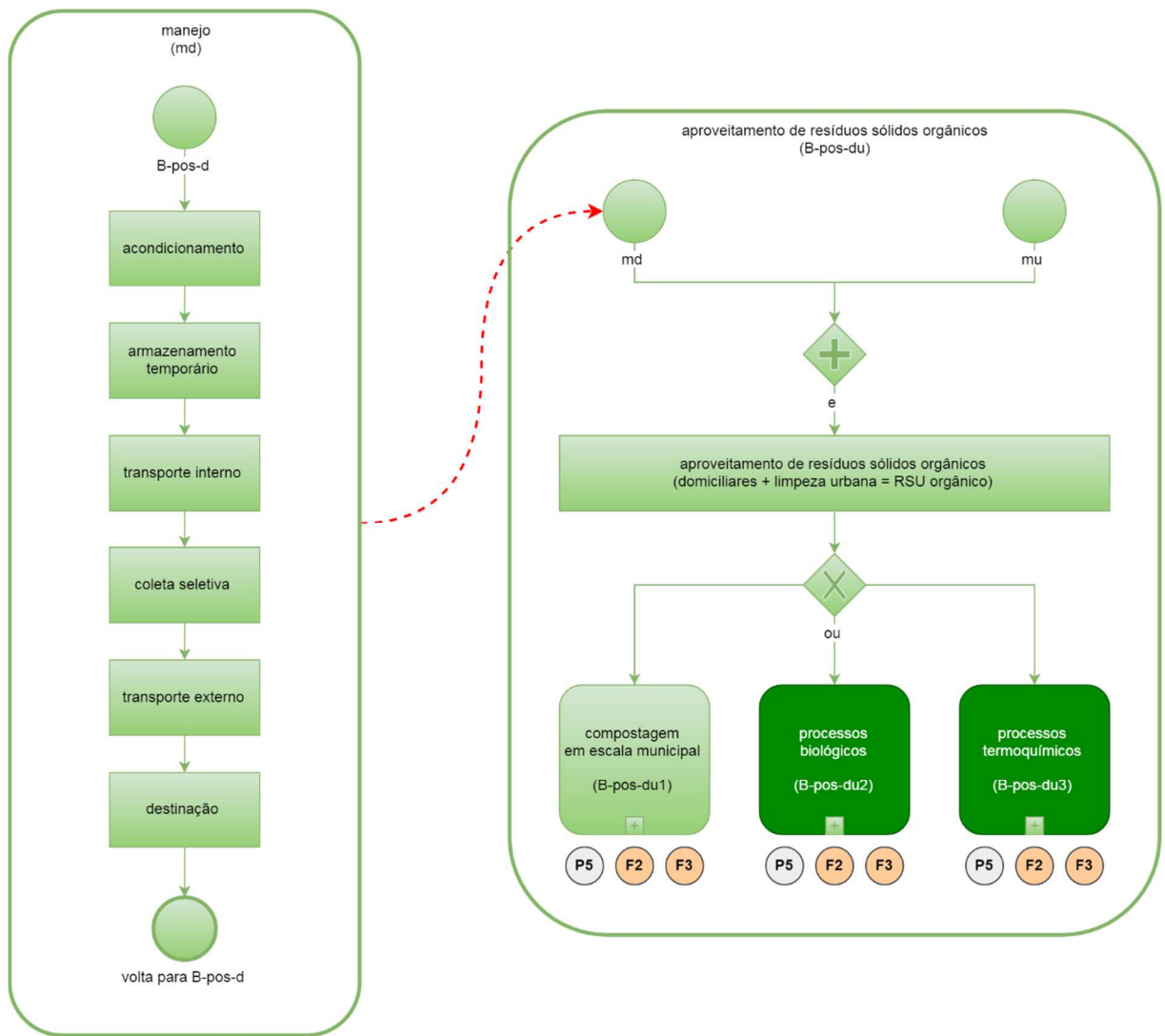
Figura 138 – Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (processo B Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Os resíduos sólidos domiciliares orgânicos, que não forem aproveitados por meio da compostagem doméstica, deverão ser gerenciados internamente pelo município e externamente pela prefeitura, conforme descrito na seção 5.2.1 do capítulo 5 e apontado na Figura 139 (fluxograma md). A prefeitura realizará a coleta seletiva, o transporte externo e a destinação para os processos de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos, apontados no fluxograma B-pos-du (Figura 139), que serão comentados mais à frente.

Figura 139 - Destinação de resíduos sólidos domiciliares orgânicos (processo B Goiás).

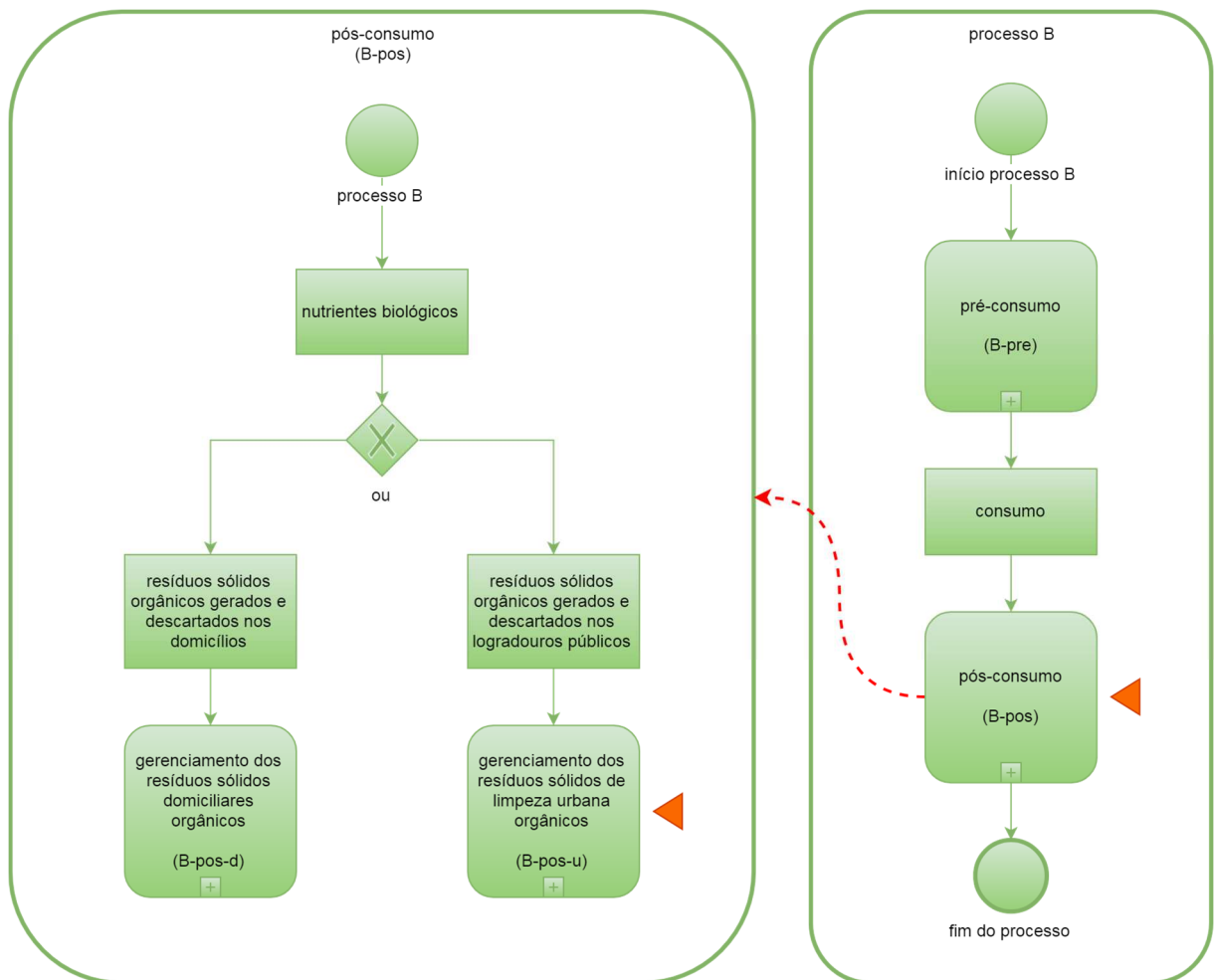


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Finda a demonstração do subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares orgânicos (B-pos-d) apresenta-se na sequência, o subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (B-pos-u na Figura 140).

Em todas as figuras, as setas vermelhas pontilhadas indicam o fluxo a ser seguido. Algumas figuras são idênticas às apresentadas na descrição do subprocesso anterior. Optou-se por repeti-las para não prejudicar a compreensão do fluxo.

Figura 140 – Fluxo dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos na fase pós-consumo (processo B Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Atualmente, tendo em vista o processo de gerenciamento de RSU implantado no Município de Goiás e o comportamento dos munícipes vilaboenses, dificilmente os resíduos sólidos de limpeza urbana estarão segregados no momento da coleta.

A forma como as atividades de manutenção dos logradouros públicos é executada, tem que ser alterada. É preciso capacitar a equipe encarregada destas atividades e determinar que separem os resíduos resultantes do seu trabalho. Ao executar as tarefas relacionadas à manutenção do cemitério, à capina e à roçagem é preciso separar e acondicionar os resíduos e não misturá-los no momento da coleta e do transporte.

Nos resíduos sólidos orgânicos resultantes destas atividades predominam restos de vegetais tais como, flores, folhas, capim, galhos e troncos resultantes de poda.

Os resíduos de poda devem ser separados e aproveitados da seguinte maneira: os galhos mais finos serão picotados e irão para um pátio de compostagem; os galhos mais grossos, com valor comercial, serão armazenados e vendidos como lenha; os troncos de madeira podem ser utilizados para a confecção de móveis rústicos, como mesas, cadeiras, prateleiras e bancos para serem utilizados em escolas, órgãos públicos municipais e espaços públicos, tais como: praças e jardins. É possível ainda utilizar a madeira natural como elemento paisagístico, como por exemplo: arranjos, floreiras e cercas.

O aproveitamento da madeira é mais que uma atitude ecológica, pois gera economia aos cofres municipais. Economiza-se na compra de madeira, de mobiliário urbano e de fertilizantes. Existe ainda, a possibilidade de gerar postos de trabalho e dar uma oportunidade a pessoas com pouca qualificação.

Na Figura 141 pode ser visto um exemplo do aproveitamento da madeira obtida nas atividades de poda em Goiânia, pelos marceneiros da Companhia de Urbanismo de Goiânia (COMURG).

Figura 141 – Aproveitamento de madeira gerada em atividades de poda em Goiânia.



Fonte: Costa (2014).

Nas atividades de limpeza de bocas de lobo, de canais e de terrenos baldios não há como segregar os resíduos previamente. O material coletado nestas atividades é rejeito. Portanto, só pode ser encaminhado para o processo R, que será explicado mais à frente.

Neste caso, a adoção de medidas preventivas é mais produtiva. São elas: (I) promover ações de Educação Ambiental, mostrando à população os impactos ambientais, sanitários e financeiros, decorrentes das deposições irregulares; (II) aplicar penalidades quando comprovada a ação irregular; (III) exigir dos proprietários de áreas privadas que cerquem as áreas não edificadas e cuidem da sua manutenção, sob pena de pagar por isto, caso a administração pública assuma esta responsabilidade; (VI) limpar e urbanizar os locais públicos usados como “bota-fora” e, desta maneira, promover a ocupação do espaço público pelo município; e, (V) disponibilizar contentores fixos em pontos estratégicos da malha urbana e serviço de coleta agendada.

Se houver adesão por parte da população, o volume de rejeitos tende a diminuir ou, pelo menos, o seu descarte pode ser controlado, assim não será necessário limpar com frequência os terrenos não edificadas, os componentes do sistema de drenagem e os corpos d’água.

As áreas maiores e de maior frequência de pessoas, como as praças públicas e os locais onde se realizam as feiras livres, são boas opções para a instalação de LEV, de modo a

possibilitar o depósito de resíduos sólidos recicláveis segregados pela população. Também é preciso que haja nos logradouros públicos coletores diferenciados para os resíduos orgânicos, inorgânicos e para os rejeitos. Não há como cobrar ações da população sem oferecer equipamentos urbanos.

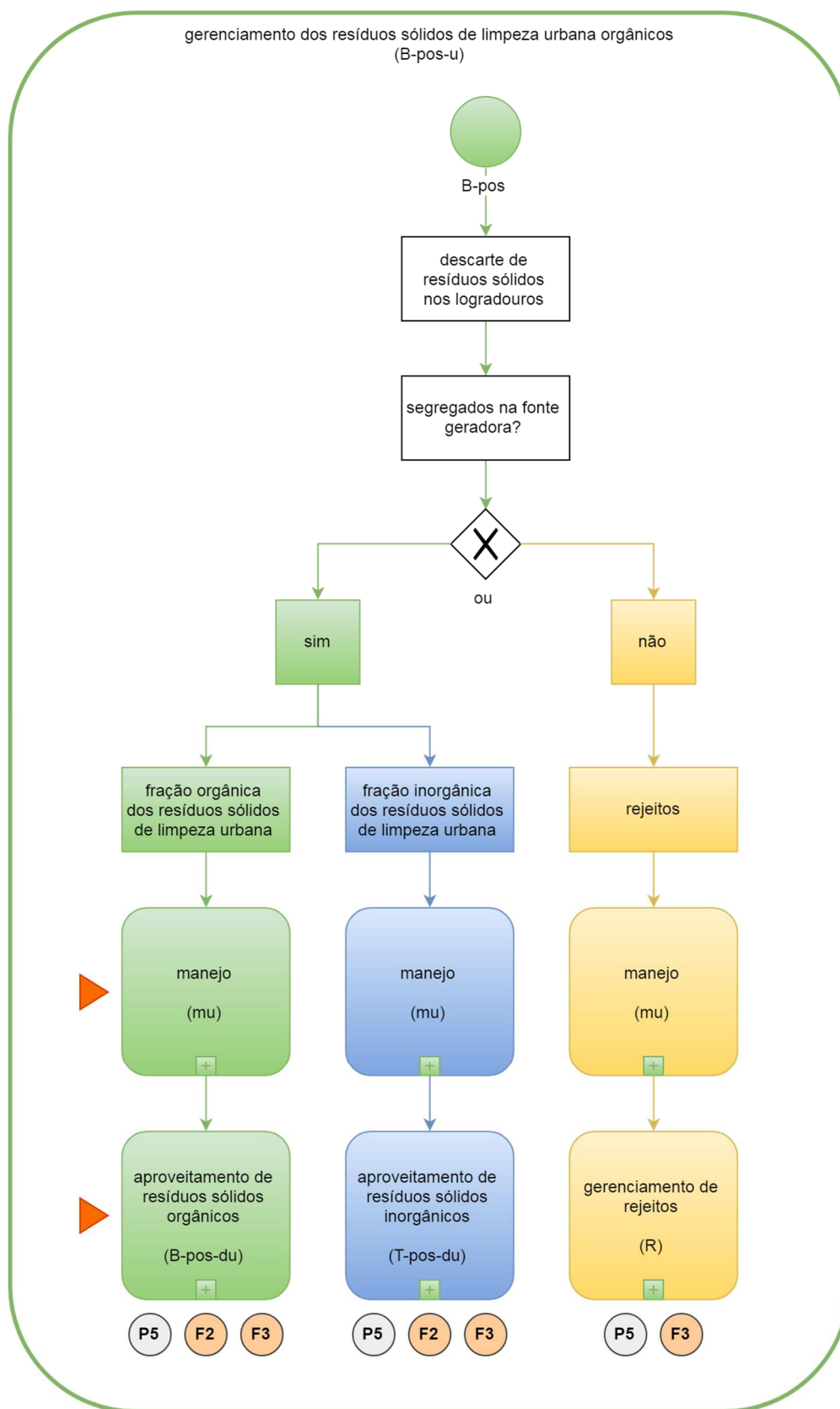
Deve haver também locais para receber e depositar resíduos volumosos. Estes lugares precisam ser maiores para abrigar caçambas e permitir a manobra de caminhões. Logo, os Pontos de Entrega Voluntária (PEV) são mais adequados. No caso do Município de Goiás, sempre que possível, eles devem ser construídos nas áreas públicas onde já existem bolsões de lixo, visto que os munícipes já elegeram estas áreas como preferenciais para descarte de resíduos sólidos.

A medida que a compreensão e a colaboração avançarem, tanto entre os servidores municipais quanto entre os munícipes, as chances de se encontrar resíduos sólidos segregados no momento da coleta, aumentarão.

A partir da implantação das ações de Educação Ambiental, de equipamentos urbanos adequados, de instrumentos legais proativos e da coleta seletiva, será preciso verificar, no ato da coleta, se os resíduos sólidos foram segregados, conforme indicado na Figura 142 (fluxograma B-pos-u).

Em caso de resposta afirmativa, é preciso separar os fluxos: os resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos segregados irão para o subprocesso B-pos-du; os inorgânicos irão para o subprocesso T-pos-du; e os não segregados irão para o processo R, porque são rejeitos.

Figura 142 – Gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (processo B Goiás).



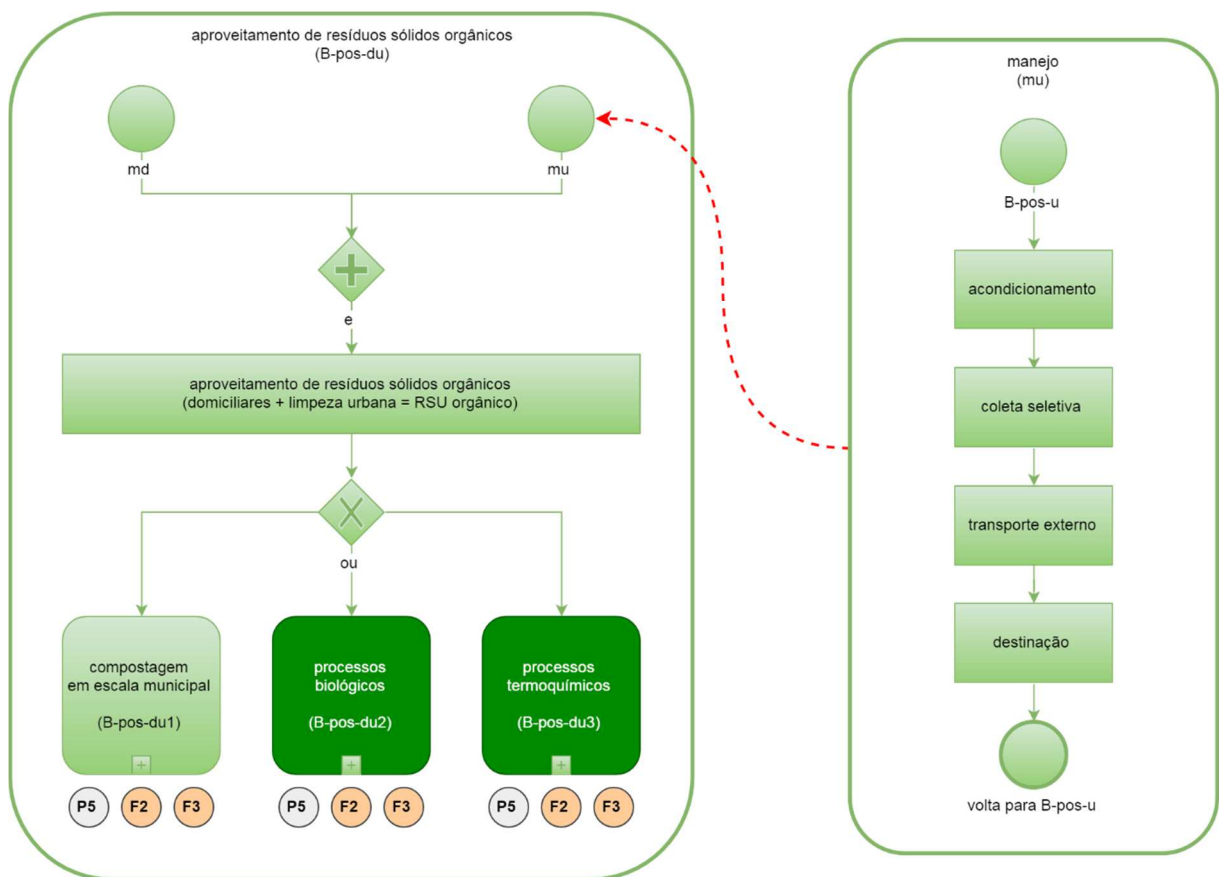
Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Uma vez segregados, os resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos precisam ser gerenciados adequadamente (fluxograma mu, na Figura 143).

Para acondicionar este tipo de resíduo é indicado o emprego de contentores móveis, de modo a acumular temporariamente os resíduos até o momento da coleta e, assim, evitar o uso de sacos plásticos. Quando o contentor estiver cheio, os resíduos podem ser despejados diretamente na caçamba do caminhão e encaminhados para a unidade onde serão realizados os processos de aproveitamento.

Para os RSU orgânicos, que são a soma dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares e de limpeza urbana, haverá três opções de aproveitamento: a compostagem em escala municipal (subprocesso B-pos-du1), os processos biológicos (subprocesso B-pos-du2) e os processos termoquímicos (subprocesso B-pos-du3), apontados na Figura 143 e comentados na sequência.

Figura 143 - Destinação de resíduos sólidos de limpeza urbana orgânicos (processo B Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A compostagem municipal, esquematizada no fluxograma B-pos-du1 (Figura 144), pode ser realizada em áreas públicas ou privadas dos distritos e assentamentos na zona rural. Há muito espaço físico para tanto e isto geraria postos de trabalho nestas localidades. É uma estratégia de baixo custo e de fácil execução.

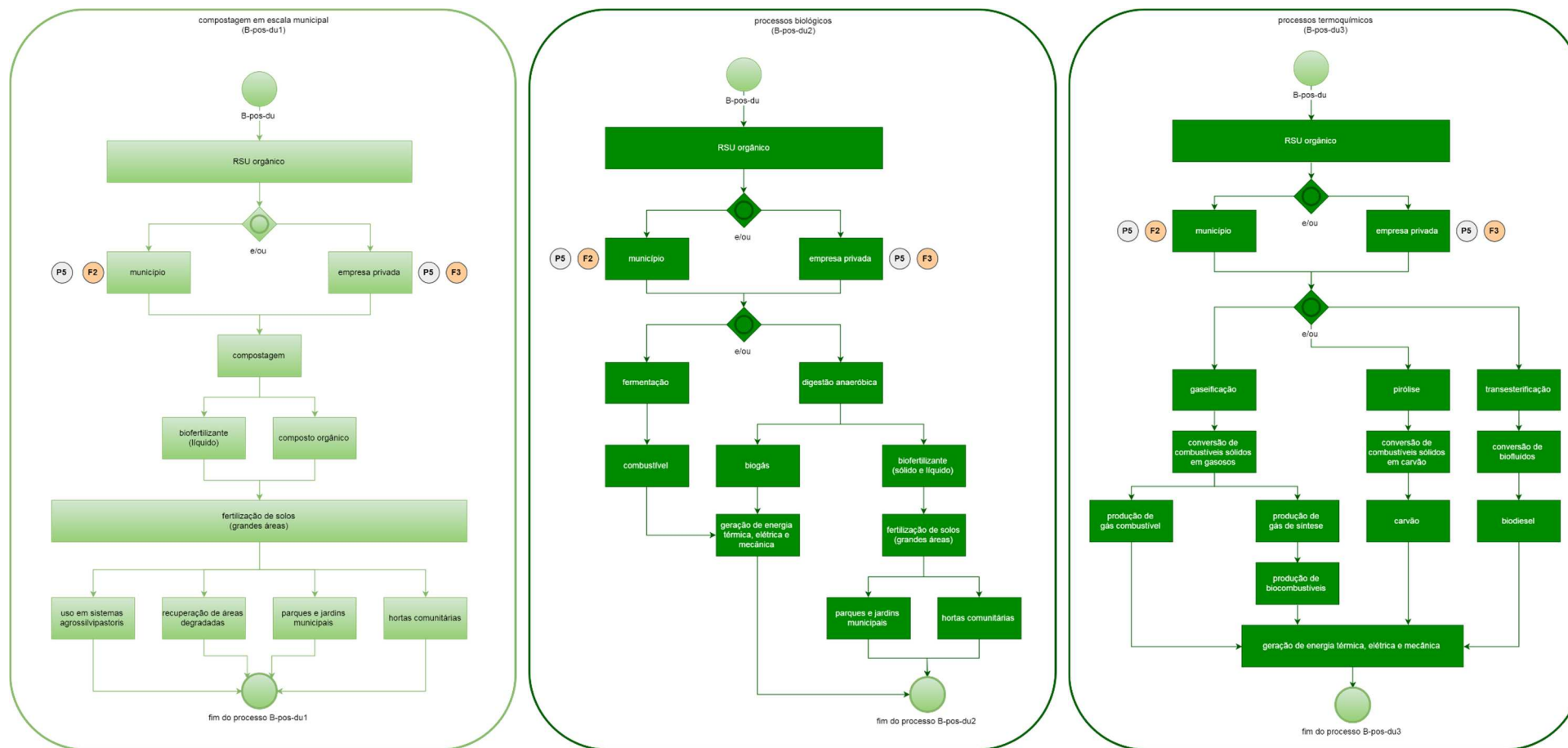
As demais formas de aproveitamento de resíduos sólidos domiciliares orgânicos, os processos biológicos e os termoquímicos, apontadas no fluxograma B-pos-du (Figura 143) na cor verde escuro, funcionariam muito bem em uma solução consorciada, como foi indicado no PERS de Goiás (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 254-288).

Estas formas de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos são eficientes mas, de um lado, requerem investimentos financeiros vultosos para a sua implantação e mão de obra qualificada para a sua operação; de outro lado, são dimensionadas para processar grandes volumes de resíduos sólidos, por um longo período de tempo, caso contrário, são economicamente inviáveis. É importante lembrar que a Taxa Geométrica de Crescimento atual no Município de Goiás é negativa e que as projeções para o período compreendido entre 2011 e 2020, apontam para uma redução da população vilaboense, caso não ocorra nenhum evento significativo que possa alterar este cenário.

Por estas razões, os processos biológicos e termoquímicos foram considerados uma boa opção no médio e longo prazo, no âmbito de um consórcio intermunicipal, ou como uma atividade a ser explorada pelo setor privado.

Os fluxogramas referentes aos processos biológicos (B-pos-du2, na Figura 144) e aos processos termoquímicos (B-pos-du3, na Figura 144) foram coloridos na cor verde escuro para indicar que constituem objetivos, metas e estratégias de médio e longo prazo no Plano de Ação apresentado na seção 6.6, onde foi proposto um prognóstico para o PMGIRS do Município de Goiás, na perspectiva de um período de transição da Economia Linear para a Circular.

Figura 144 – Opções para aproveitamento do RSU orgânico (processo B Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

6.5.2 O ciclo dos nutrientes técnicos e o processo T no Município de Goiás

Concluída a demonstração da aplicação do Modelo de Transição no processo B, referente ao ciclo de nutrientes biológicos, apresenta-se a partir deste ponto a sua aplicação no processo T, referente ao ciclo dos nutrientes técnicos, para o Município de Goiás.

No Modelo de Transição a fase de consumo no ciclo de nutrientes técnicos constitui o processo T-cons (apresentado e discutido na seção 5.2.2).

De acordo com os pressupostos da Economia Circular, nesta fase deve ocorrer a reutilização, conforme demonstrado no Modelo de Transição. Promover a reutilização é importante para evitar que produtos ainda em condições de uso sejam descartados como resíduos sólidos ou rejeitos.

Ao aplicar o Modelo de Transição no planejamento e na concepção do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás, percebeu-se que no âmbito da administração pública municipal não haverá processo de gerenciamento a ser constituído, uma vez que não há resíduos sólidos e rejeitos nesta fase do ciclo de produção e consumo, porque os produtos ainda estão na posse do consumidor/municípe.

Assim sendo, o trabalho da administração pública do Município de Goiás, nesta fase, é criar um ambiente de negócios favorável aos empreendimentos relacionados às atividades de compartilhamento, conservação e remanufatura, principalmente os micro, pequenos e médios, no curto e médio prazo.

Os empreendimentos de maior porte, principalmente aqueles associados à remanufatura, dependem de processos industriais e de redes de logística reversa. Portanto, é provável que este grupo de empreendimentos só venha a se instalar em municípios pequenos no longo prazo.

Por esta razão, a remanufatura foi considerada uma meta de longo prazo no Plano de Ação apresentado na seção 6.6, onde foi proposto um prognóstico para o PMGIRS do Município de Goiás, na perspectiva de um período de transição da Economia Linear para a Circular.

Apesar da não constituição de um processo dentro do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos, percebeu-se que a ação do poder público municipal, à maneira indicada nos parágrafos anteriores, é muito importante. Cabe a este ator o papel de induzir o surgimento e facilitar a sobrevivência de elos na cadeia de consumo, aqueles diretamente relacionados ao princípio P2 (criar resiliência através da diversidade) e às fontes de criação de valor F1 (poder do círculo interno) e F2 (poder dos círculos duradouros) da Economia Circular.

Na fase pós-consumo, ao contrário da anterior, haverá resíduos sólidos e rejeitos gerados pelo descarte de produtos considerados inservíveis pelo consumidor/munícipe. Então, no âmbito da administração pública municipal haverá um processo de gerenciamento a ser constituído (T-pos), apontado à esquerda da Figura 145 por um triângulo vermelho.

Neste ponto começa o trabalho da administração pública do Município de Goiás no que se refere ao RSU de natureza técnica.

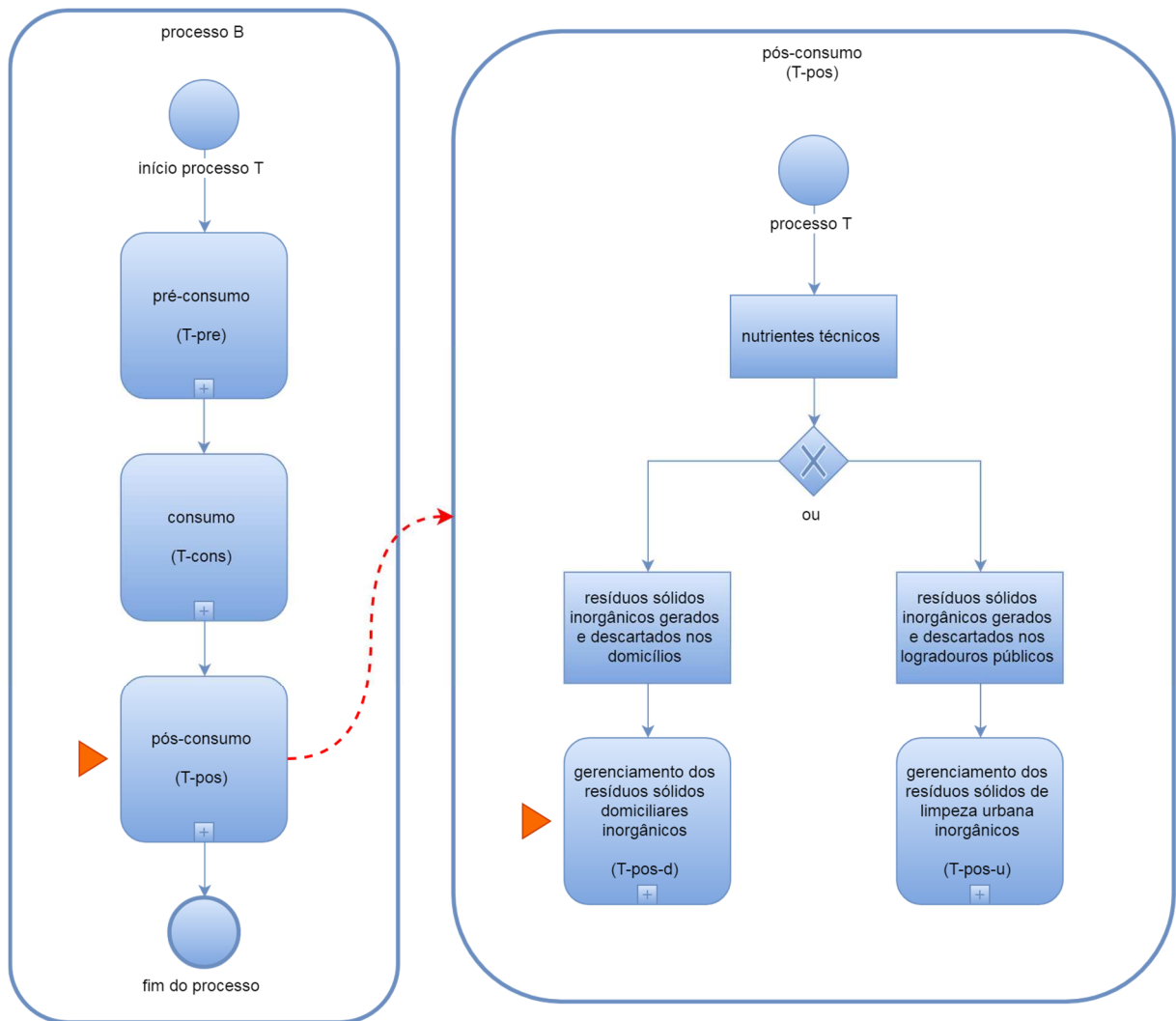
Tal qual no processo B, a intenção é aproveitar o máximo possível a fração inorgânica do RSU. Para tanto, a decomposição do fluxo técnico logo no início do manejo, proposta no Modelo de Transição, fica mantida com o objetivo de preservar a qualidade dos resíduos sólidos inorgânicos e não aumentar a quantidade de rejeitos.

Assim sendo, para o processo T também haverá dois subfluxos de resíduos sólidos inorgânicos e, decorrentes destes, dois subprocessos: o de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (T-pos-d, na Figura 145); e o de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (T-pos-u, na Figura 145).

Todos os processos referentes ao ciclo de nutrientes técnicos foram representados na cor azul e o fluxo a ser seguido está indicado por setas vermelhas pontilhadas.

Segue a descrição do subprocesso T-pos-d, indicado por um triângulo vermelho localizado na parte inferior central da Figura 145.

Figura 145 – Fluxo dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos na fase pós-consumo (processo T Goiás).

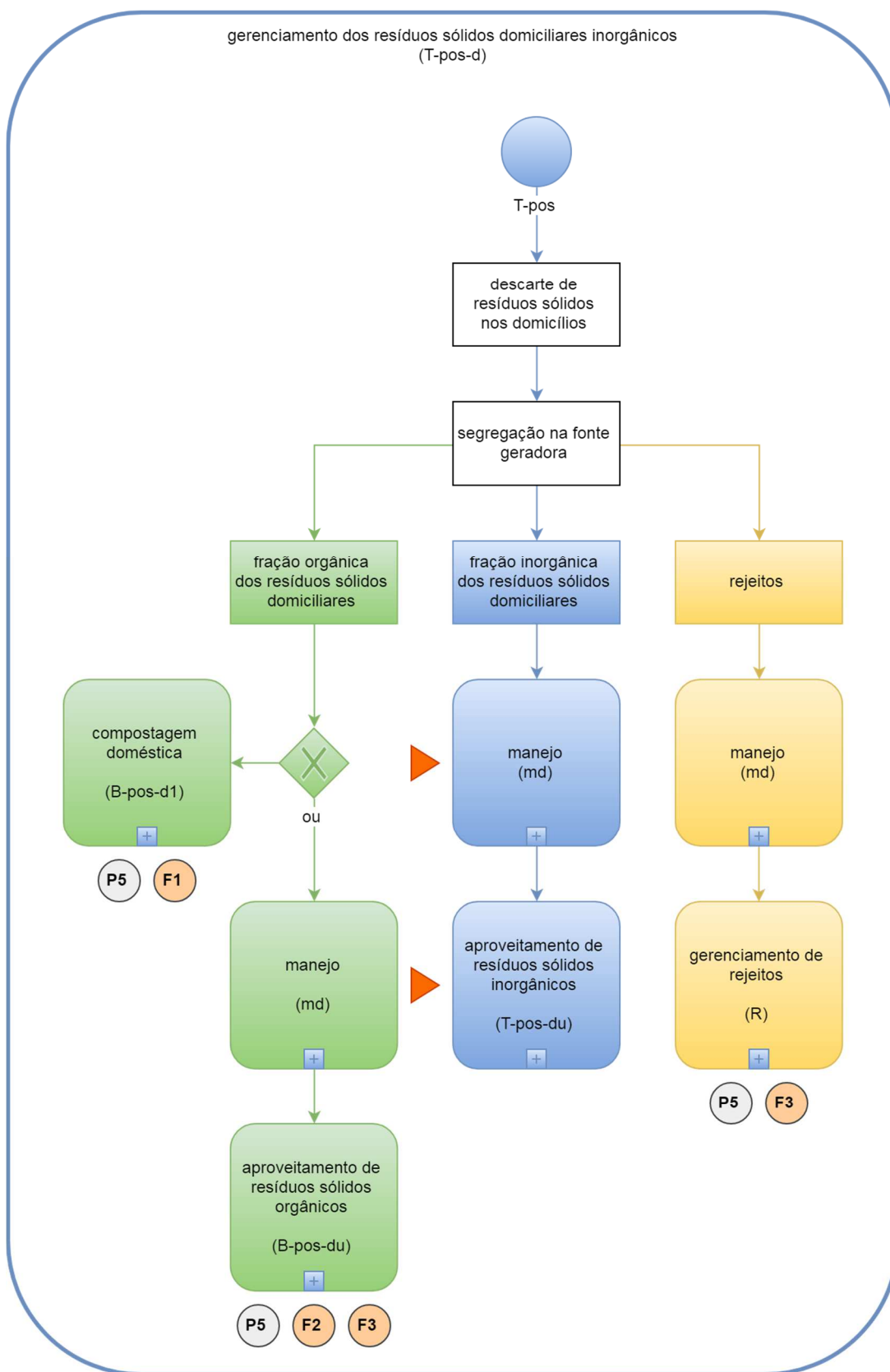


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (T-pos-d), foi detalhado na Figura 146.

Uma vez descartados nos domicílios, os resíduos sólidos inorgânicos precisam ser segregados, acondicionados e armazenados temporariamente até o dia determinado para a coleta seletiva, quando serão transportados para local externo, completando assim o ciclo do manejo interno (subprocesso md, na Figura 146).

Figura 146 – Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (processo T Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Caberá à prefeitura, ou a quem o poder público delegar, realizar o manejo externo. Ressalta-se que, nele, a coleta seletiva é uma atividade muito importante, pois, por meio dela, o aproveitamento dos RSU inorgânicos é possibilitado.

A adoção de sistemas e aplicativos, para conectar coletores e receptores de resíduos sólidos com pessoas e empresas que querem descartar materiais recicláveis, pode facilitar e viabilizar o recolhimento dos resíduos sólidos recicláveis. É bastante comum a situação onde o município separa os resíduos, mas não está suficientemente informado a respeito das rotas e horários da coleta pública, ou não encontra quem os recolha. Um bom exemplo do emprego de estratégias para estabelecer contato e facilitar a coleta seletiva é o aplicativo Cataki, que conecta catadores com cidadãos e empresas que querem descartar materiais recicláveis (Figura 147). O Cataki é um processo aberto, sem fins lucrativos e colaborativo (CATAKI, 2017).

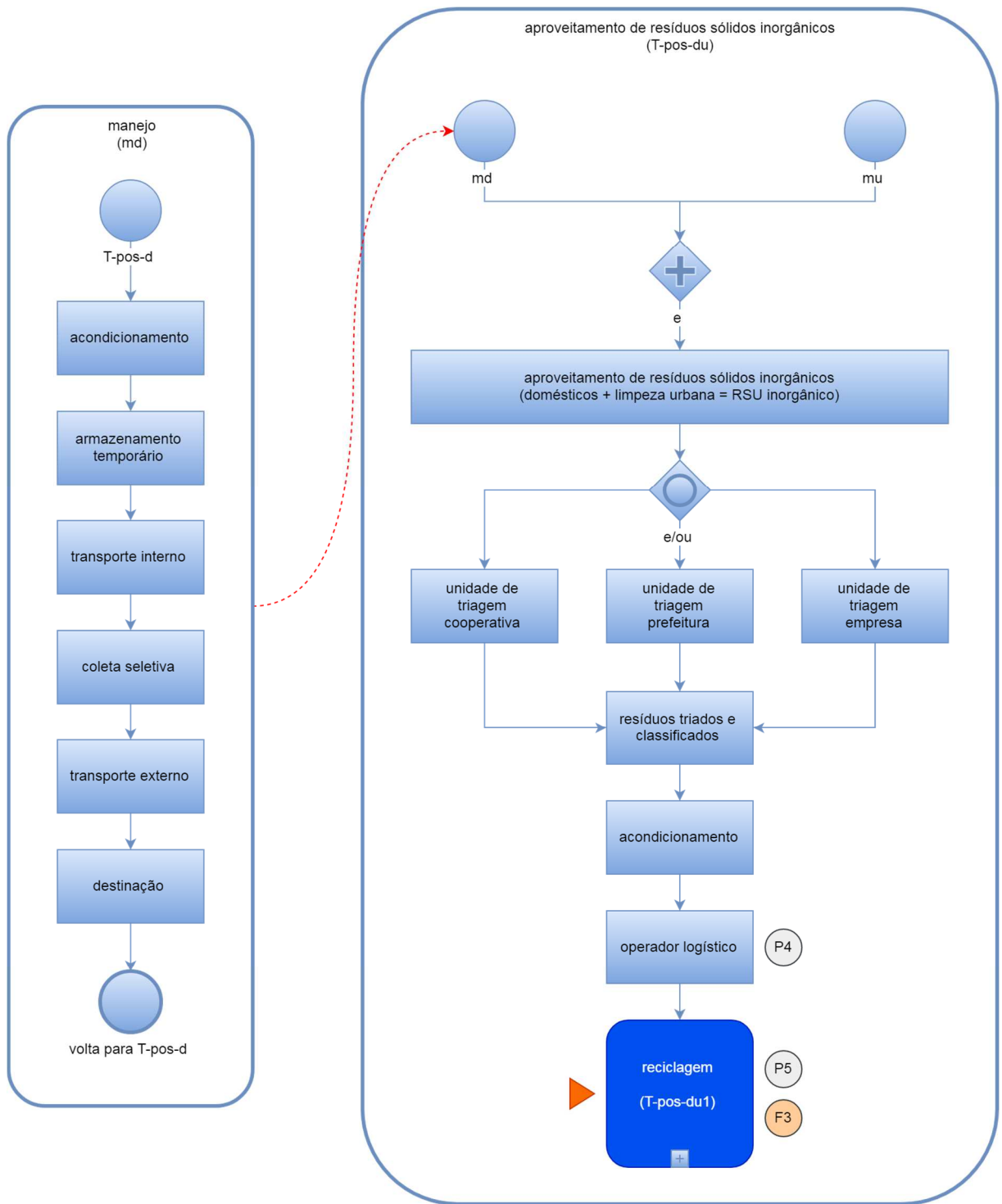
Figura 147 – Imagens do aplicativo Cataki.



Fonte: Cataki (2017); Neo Mondo (2018).

Realizada a coleta seletiva, os resíduos sólidos recicláveis terão como destinação final as unidades de triagem, onde serão preparados e encaminhados para as indústrias recicladoras (subprocesso T-pos-du1, na Figura 148), o que será comentado mais à frente.

Figura 148 - Destinação de resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (Processo T Goiás).

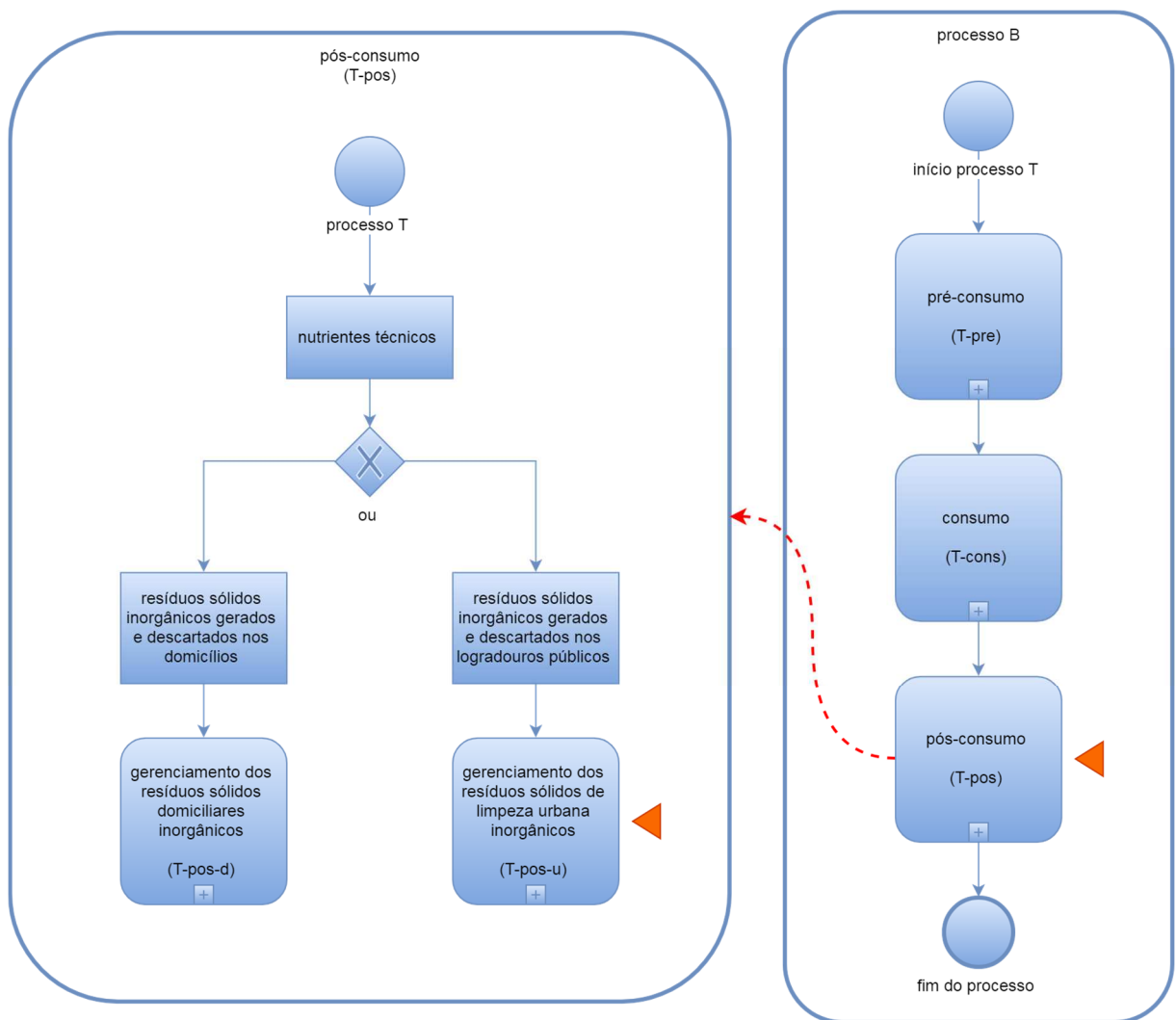


Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Concluída a demonstração do subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares inorgânicos (T-pos-d) apresenta-se na sequência, o subprocesso de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (T-pos-u), indicado na Figura 149 por um triângulo vermelho, na parte inferior central.

Algumas figuras são idênticas às apresentadas na descrição do subprocesso anterior. Tal qual foi feito na descrição dos dois subprocessos referentes ao ciclo dos nutrientes biológicos, optou-se por repetir as figuras para não prejudicar a compreensão do fluxo.

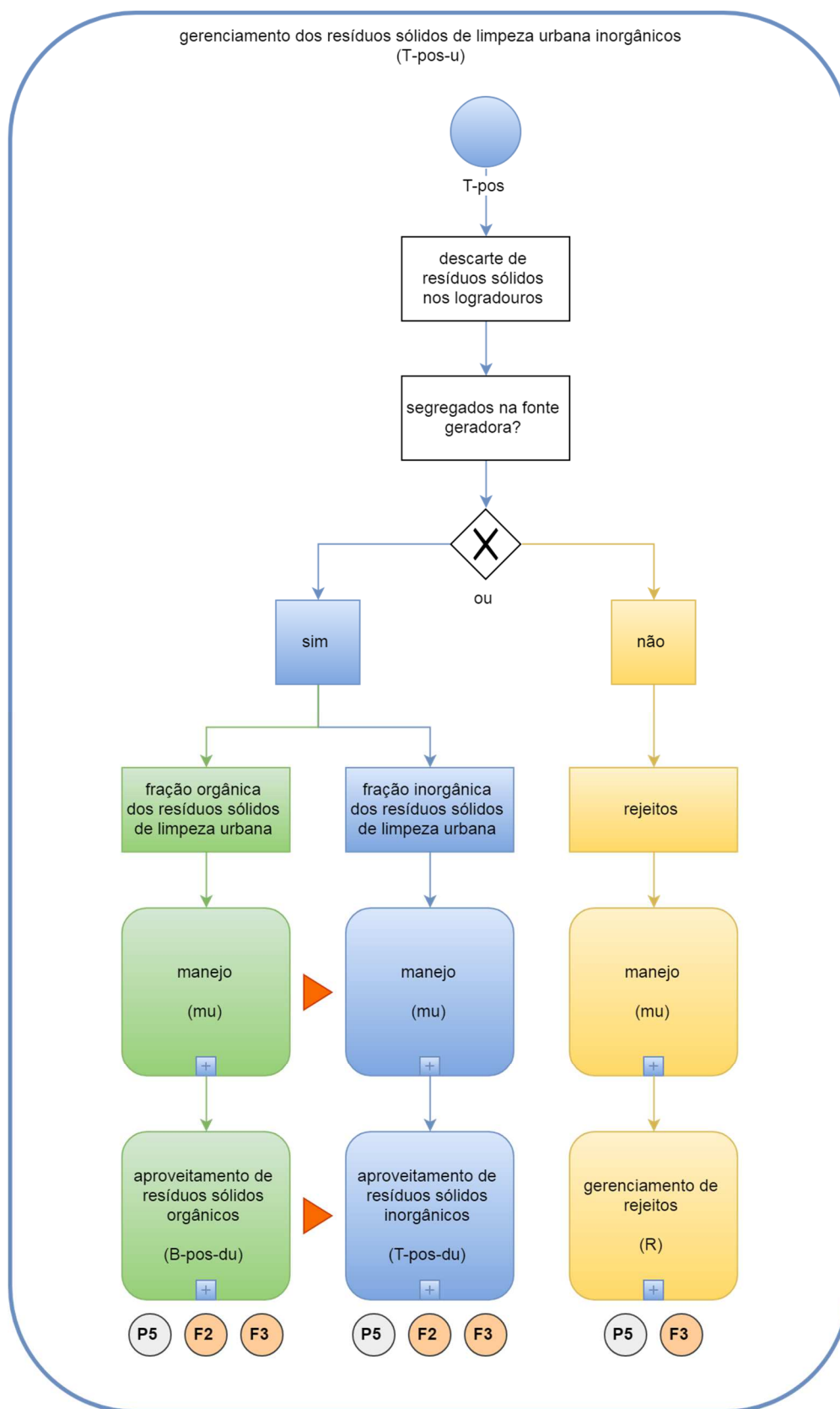
Figura 149 – Fluxo dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos na fase pós-consumo (processo T Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (T-pos-u), foi detalhado na Figura 150.

Figura 150 – Gerenciamento dos resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (processo T Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Uma vez segregados os resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos precisam ser manejados adequadamente (fluxograma mu, na Figura 150).

Para acondicionar os resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos também é indicado o emprego de contentores móveis, de modo a acumular os mesmos temporariamente, até o momento da coleta e, assim, evitar o uso de sacos plásticos. Quando o contentor estiver cheio, os resíduos podem ser despejados diretamente na caçamba de um caminhão e encaminhados para aproveitamento (T-pos-du, na Figura 150).

Neste ponto do processo os subfluxos se juntam e passam a ser um único fluxo de RSU inorgânico, que é a soma dos resíduos sólidos inorgânicos domiciliares e de limpeza urbana.

Após coletado, o RSU inorgânico será destinado para uma unidade de triagem, onde será separado por tipo de resíduo: papel, papelão, plástico, metal, vidro, eletroeletrônicos e outros. A separação dos resíduos sólidos recicláveis por tipo é imprescindível, porque a indústria recicladora quase sempre opta por trabalhar com um tipo de resíduo específico e emprega processos produtivos próprios para processar determinado tipo.

A qualidade do material também precisa ser verificada. Aquilo que não oferece condições de encaminhamento para um processo de reciclagem tem que ser separado e classificado como rejeito.

Após separados, os materiais precisam ser prensados para formar fardos, o que criará condições mais favoráveis para o transporte dos resíduos sólidos recicláveis.

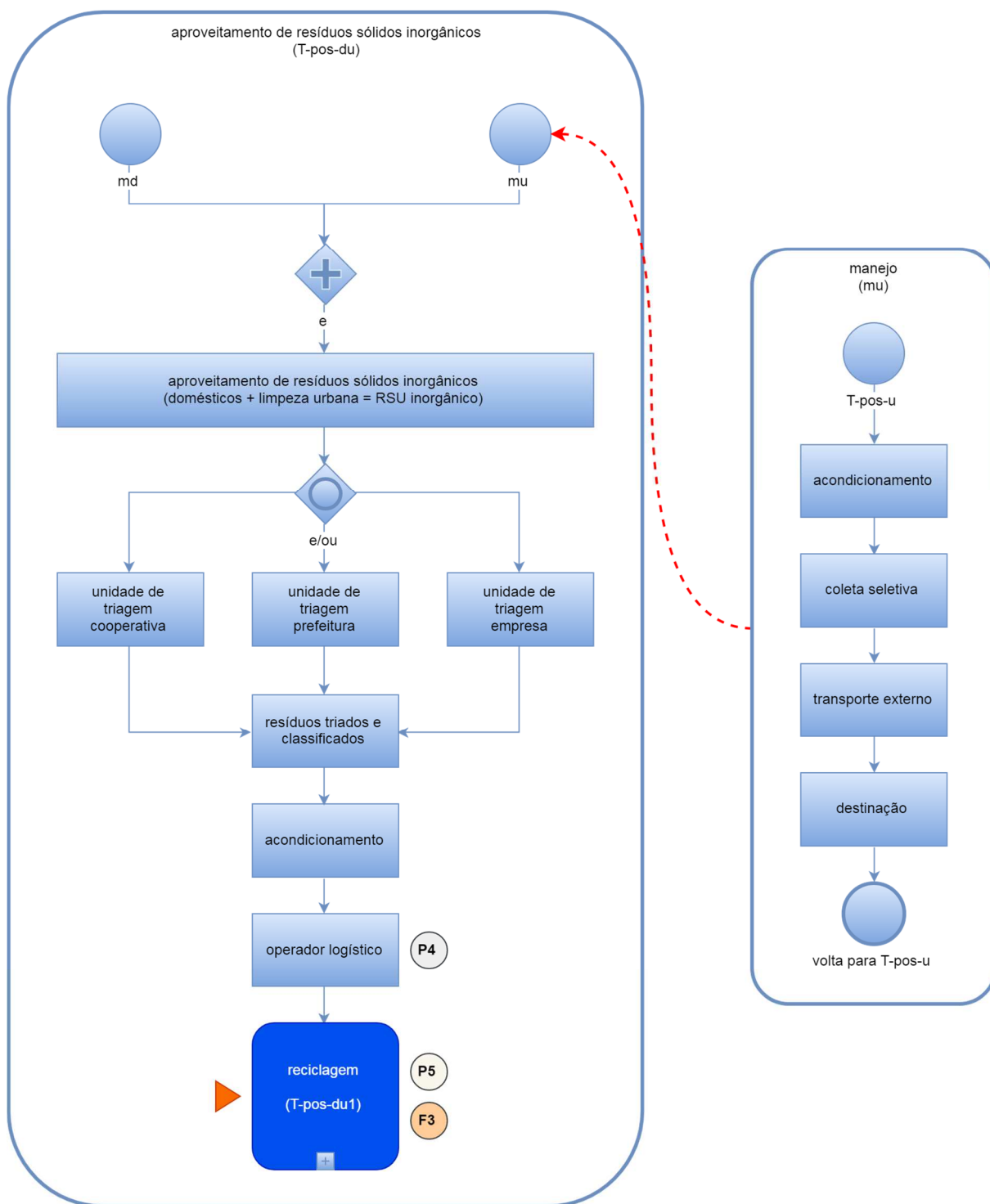
O último passo é encaminhá-los para as indústrias recicladoras e, para tanto, é preciso realizar o transporte dos fardos.

A reciclagem (subprocesso T-pos-du1) está apontada na parte inferior da Figura 151, por um triângulo vermelho.

O processo de reciclagem na Figura 151 está colorido na cor azul escuro para indicar que ocorrerá fora do município no curto e médio prazo, porque as indústrias que atuam neste setor necessitam de rede de logística reversa e de conexões com as indústrias utilizadoras de matéria-prima secundária. Estas condições ainda não existem no Município de Goiás, portanto, precisam ser criadas no médio e longo prazo.

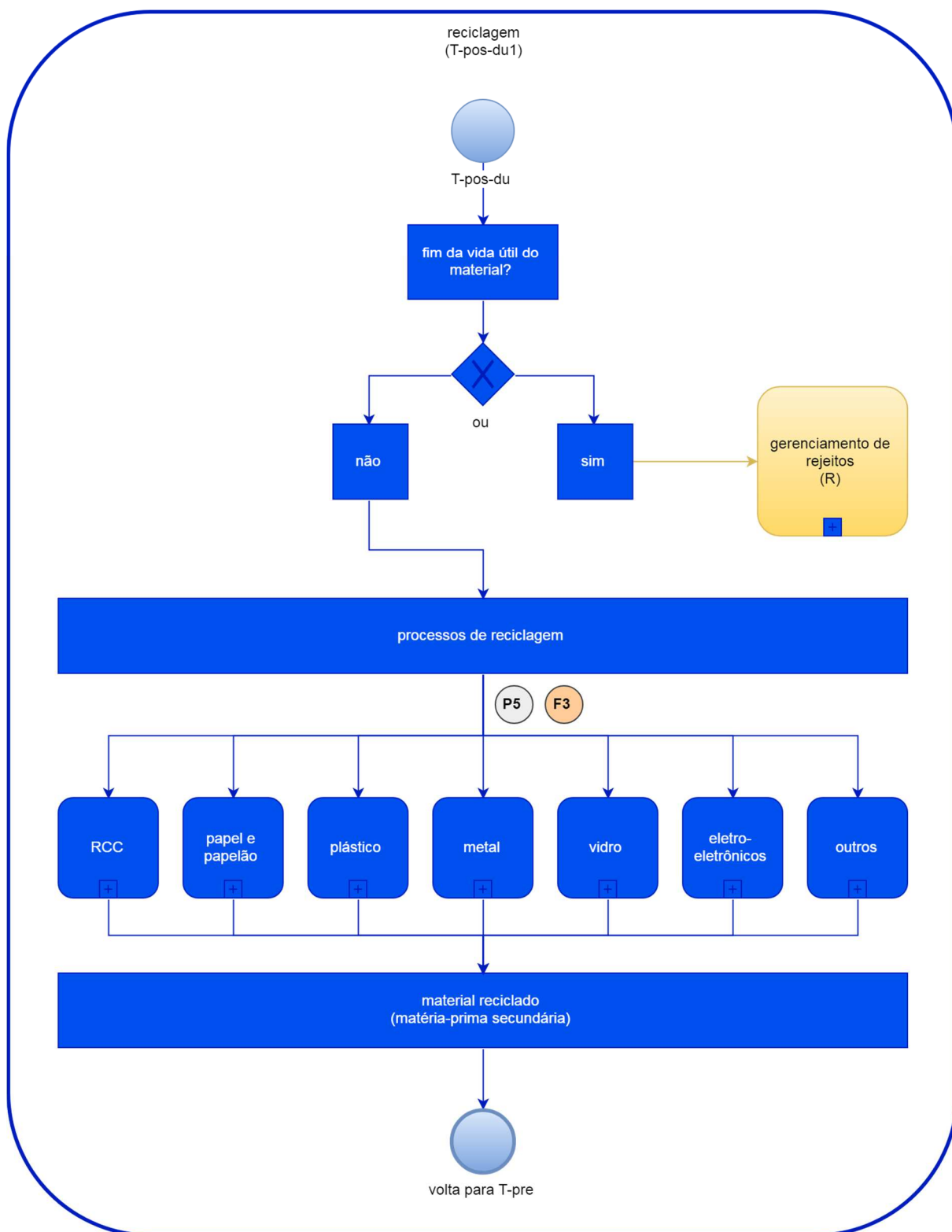
Nas indústrias recicladoras, a qualidade do material será novamente verificada a fim de decidir se ele pode ou não ser reciclado (fluxograma T-pos-du1, na Figura 152). Caso não possa mais ser reciclado, a próxima alternativa de aproveitamento é encaminhar este material inservível, agora um rejeito, para o processo R, referente ao gerenciamento de rejeitos.

Figura 151 - Destinação de resíduos sólidos de limpeza urbana inorgânicos (processo T Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Figura 152 – Opções para aproveitamento do RSU inorgânico (processo T Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

6.5.3 O ciclo dos rejeitos no Município de Goiás

Para os resíduos sólidos orgânicos ou inorgânicos que não foram segregados na fonte geradora, ou que devido às suas características não podem ser inseridos nos processos de aproveitamento, resta o encaminhamento para o processo R, abordado na seção 5.2.3, que é aquele que se encarrega dos rejeitos.

Ao refletir sobre as alternativas para os rejeitos do Município de Goiás, surgiram as constatações discutidas nos parágrafos seguintes.

A primeira alternativa seria a conversão do lixão em aterro sanitário. Esta alternativa consumiria muito recurso financeiro e não livraria o município do passivo ambiental. O diagnóstico apontou que a área do lixão localiza-se no domínio de aquífero fraturado, em solo classificado como cambissolo (grau de vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável), na bacia do Rio Vermelho a montante da foz Rio do Bugre. A implantação de um aterro sanitário neste mesmo local seria uma medida mitigadora corretiva, muito significativa e positiva, mas não seria capaz de zerar os impactos ambientais. Ainda, são muito comuns no Brasil os casos em que se perde o controle da operação nos aterros sanitários e estes retornam à condição de lixão. Nesta situação, o recurso financeiro público empregado na obra de conversão é perdido e passa a integrar o passivo ambiental.

A segunda alternativa seria identificar uma área no Município de Goiás com aptidão para implantação de aterro sanitário e construí-lo. Nesta situação corre-se risco semelhante ao apontado no parágrafo anterior: perder a operação do aterro sanitário e vê-lo retornar à condição de lixão. Um risco ainda maior reside no fato de que o diagnóstico apontou que todo o território do Município de Goiás está inserido na bacia de captação da região de planejamento Noroeste Goiano. Coincidindo com a questão hídrica, está o uso do solo no Município de Goiás: de um lado os estabelecimentos dedicados à pecuária bovina com suas pastagens, suportando o 8º maior rebanho bovino do Estado de Goiás; de outro as unidades de conservação relacionadas ao município e muito importantes para todo o restante do estado.

Para ambas as alternativas anteriores, há que se observar ainda as projeções para o período compreendido entre 2011 e 2020, que apontam para uma redução da população vilaboense, e relembrar o conteúdo apresentado no capítulo 3, seção 3.1, onde se relacionou a variável “densidade demográfica” à geração de resíduos sólidos. Tomando por base somente esta relação, em tese, existiria uma tendência de redução da geração per capita de RSU no Município de Goiás.

Logo, não seria tarefa fácil selecionar uma área pública ou adquirir alguma para implantar um aterro sanitário. Ainda, se esta alternativa fosse a escolhida, a construção do aterro

não eliminaria o lixão. Este último ainda precisaria ser objeto de um Plano de Recuperação de área Degradada (PRAD), para que se realize a sua erradicação, seguida da remediação e reabilitação da área onde está assentado.

O que pode ser feito então? A melhor alternativa já foi indicada no PERS de Goiás: o compartilhamento de aterro sanitário. O modelo tecnológico de compartilhamento de aterros sanitários, desenvolvido no âmbito do PERS de Goiás, resultou em 22 soluções compartilhadas, que envolveram 139 municípios goianos (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 254-288).

O Município de Goiás foi inserido no grupo 5 (região de planejamento Noroeste Goiano), cuja sede é o Município de Itaberaí. A distância entre ambos é de 38,53 Km. De acordo com os dados apresentados no Quadro 43, em 2035, o Município de Goiás seria responsável por 9,48% do total de rejeitos recebidos pelo aterro sanitário compartilhado.

O custo para a implantação do aterro sanitário compartilhado deste grupo foi estimado em R\$ 9.794.191,00 (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 295).

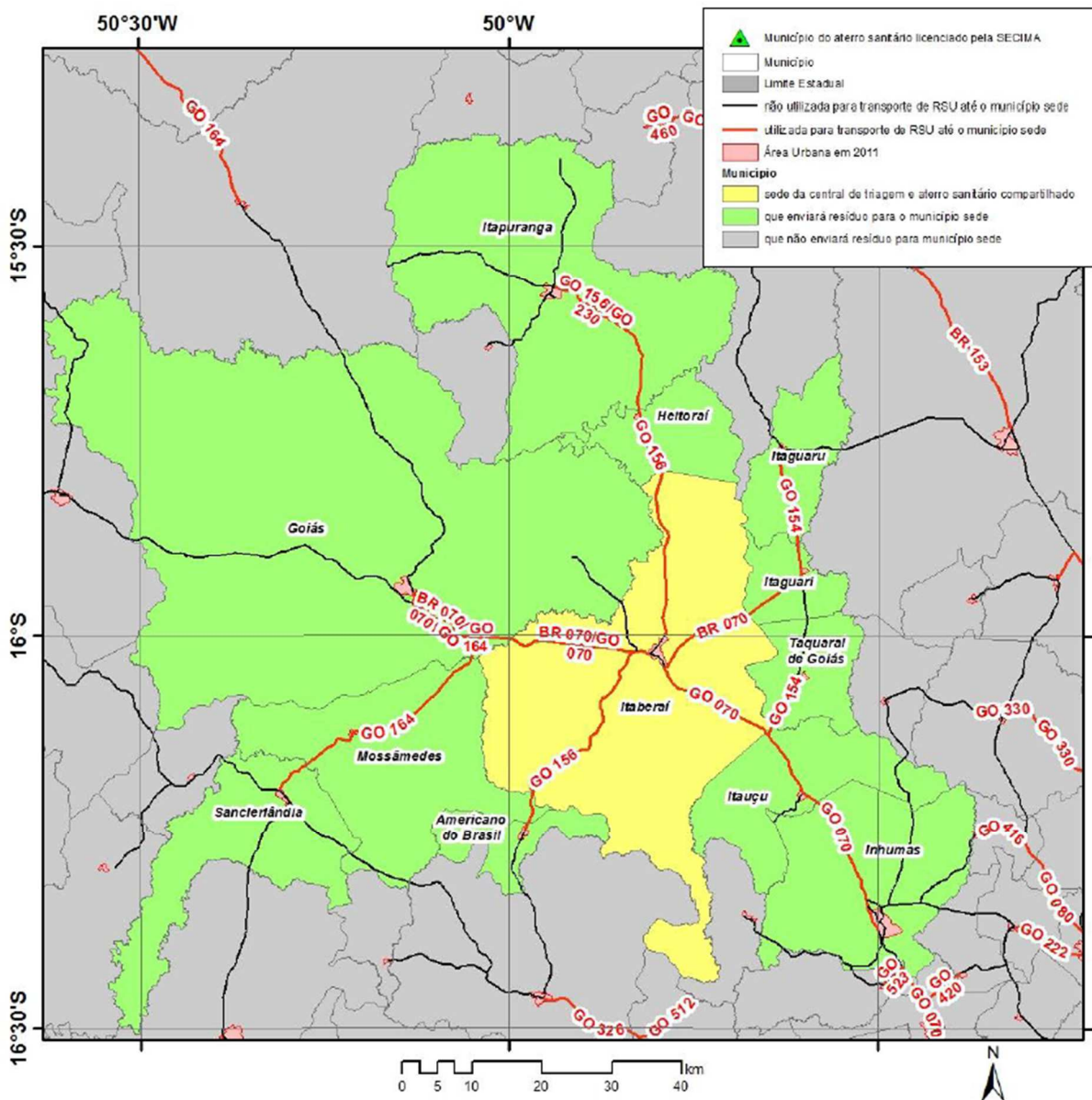
Quadro 43 – Proposta de compartilhamento de aterro sanitário na Região Noroeste Goiano.

Municípios participantes do compartilhamento	Distância para o município sede (km)	Total de resíduos a ser recebido no compartilhamento (t/dia)	
		2015	2035
Itaberaí (sede)	-	25,87	37,59
Americano do Brasil	37,03	2,78	3,18
Goiás	38,53	14,79	12,38
Heitoraí	32,83	1,72	2,00
Inhumas	52,03	34,91	43,42
Itaguari	24,4	2,17	2,34
Itaguaru	42,69	2,55	2,28
Itapuranga	59,05	16,29	15,01
Itauçu	28,44	4,58	5,14
Mossâmedes	49,82	2,21	1,46
Sanclerlândia	64,38	3,88	4,23
Taquaral de Goiás	28,89	1,66	1,54
Total	-	113,41	130,57

Fonte: adaptado de Estado de Goiás (2015, p. 256)

A Figura 153 apresenta a proposta de compartilhamento de aterro sanitário para os municípios participantes do grupo nº 5, no qual está inserido o Município de Goiás.

Figura 153 – Proposta de compartilhamento de aterro sanitário incluindo o Município de Goiás.



Fonte: Estado de Goiás (2015, p. 271).

Observa-se a confluência da malha viária estadual para Itaberaí, o Município sede, bem como a localização da área urbana do Município de Goiás, no entroncamento de duas importantes rodovias estaduais. Esta localização tem potencial para permitir e facilitar o fluxo reverso de resíduos sólidos recicláveis, tanto entre os municípios participantes do consórcio quanto o seu direcionamento para as cidades de maior porte do Estado de Goiás, como Anápolis e Goiânia, onde já existem indústrias recicladoras.

Para que este modelo tecnológico seja adotado será necessário superar barreiras políticas e partidárias e negociar. A favor deste tipo de solução está o fato de que o governo federal tem

privilegiado a aplicação de recursos por meio de consórcios públicos interfederativos, formados com base na Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. A gestão compartilhada possibilita a redução de custos para os municípios participantes, porque quanto maior a quantidade de pessoas atendidas, menores são os custos de implantação e operação da estrutura requerida para manejar os resíduos sólidos e aterrar os rejeitos. O ganho de escala, conjugado à implantação da cobrança pela prestação dos serviços, garante a sustentabilidade econômica dos consórcios. Ocorre também a formação e a manutenção um corpo técnico qualificado e a melhoria das condições sanitárias na região do consórcio (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012b, p. 67).

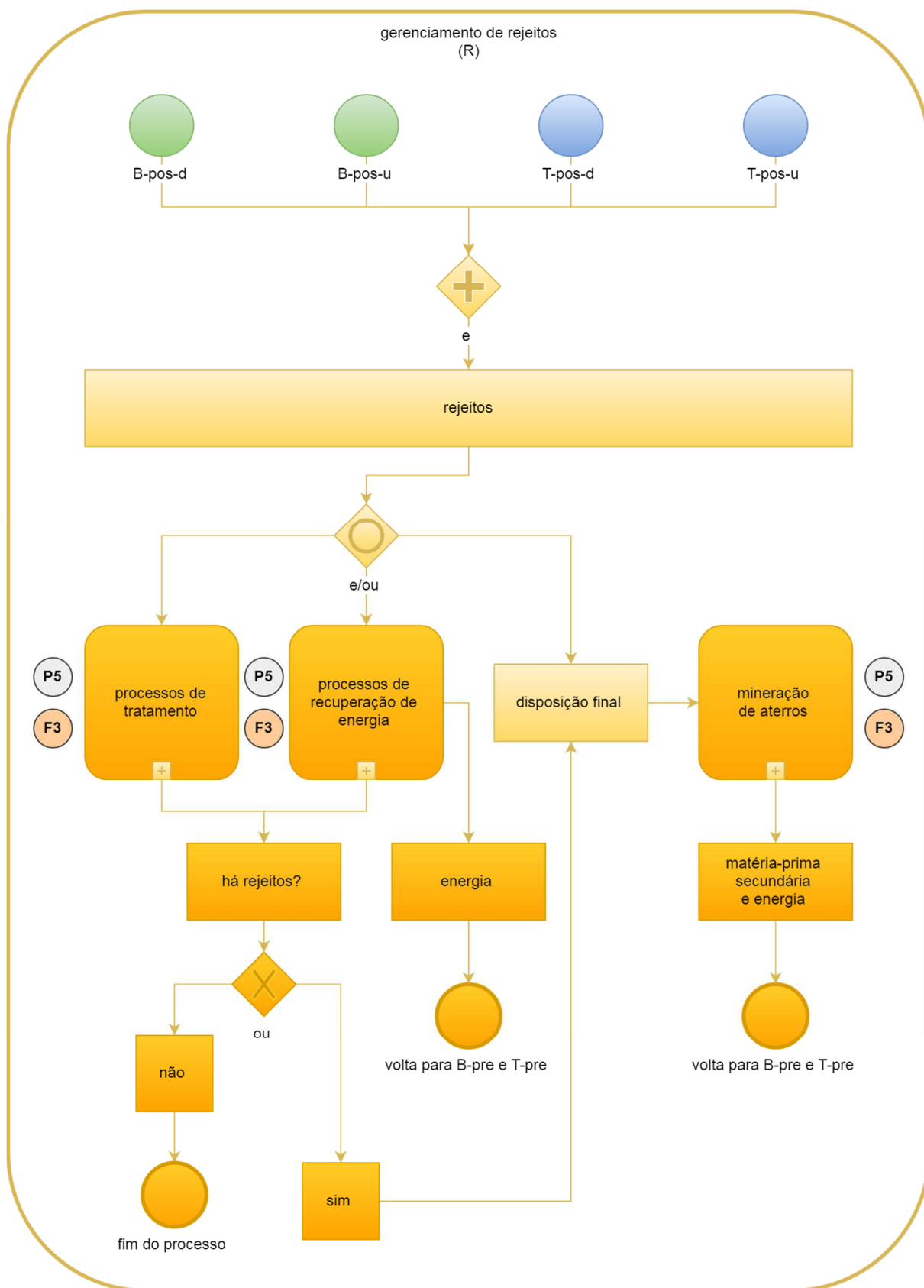
Na impossibilidade de se estabelecer a gestão compartilhada, o Município de Goiás está legalmente obrigado a implantar o aterro sanitário. Neste caso, a melhor opção seria fazê-lo no mesmo local onde se encontra o lixão. Desta maneira estabelece-se o controle ambiental da área em questão e evita-se a ocupação de áreas municipais ou a aquisição de novas áreas para tal finalidade.

Quanto ao lixão, a solução de curto prazo, em caráter emergencial, é implantar medidas de controle na área onde ele se encontra: cercar completamente; construir uma guarita na entrada para controlar a descarga de rejeitos, a circulação de veículos, pessoas e animais; e recobrir diariamente os rejeitos transbordados no final da jornada de trabalho. Embora em situação irregular do ponto de vista legal, não há como encerrar as atividades do lixão até que se possa encaminhar os rejeitos para um aterro sanitário municipal ou consorciado.

A solução para erradicá-lo definitivamente viria através da mineração de aterros, referida na seção 3.2, associada com processos termoquímicos para a geração de energia. Se o compartilhamento fosse estabelecido, todos os municípios apontados no Quadro 42 poderiam se beneficiar desta solução, visto que todos possuem lixão. Caso a solução compartilhada indicada pelo PERS de Goiás não se concretize, será necessário optar por plantas móveis de mineração ou por pequenas usinas para processar volumes menores. Esta solução é tecnicamente viável, mas é também mais onerosa, porque se perde o ganho de escala. Uma vez esgotado o estoque de rejeitos, portanto erradicado o lixão, o passo seguinte seria a elaboração e implantação do PRAD, a fim de remediar e reabilitar a área.

No fluxograma R (Figura 154), os elementos destacados com a cor laranja escuro apontam para objetivos, metas e estratégias de médio e longo prazo no Plano de Ação apresentado na seção 6.6, onde foi proposto um prognóstico para o Município de Goiás na perspectiva de um período de transição da Economia Linear para a Circular.

Figura 154 – Gerenciamento de rejeitos (processo R Goiás).



Fonte: elaborado por Veiga (2019).

6.6 Plano de Ação para o Município de Goiás

No processo de elaboração do PMGIRS, o Plano de Ação é a etapa na qual são definidas todas as ações a serem implantadas, para que se possa atingir os resultados almejados em um determinado prazo. A elaboração de um Plano de Ação envolve a adoção de um cenário de referência e, a partir dele, o estabelecimento de objetivos, diretrizes, estratégias, programas e ações, metas de planejamento e responsabilidades para que se realize a gestão e o gerenciamento de cada tipo de resíduo sólido (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012b, p. 91).

Neste trabalho, o Plano de Ação está focado somente nos RSU, em observância ao recorte da pesquisa.

O resultado da análise da situação dos resíduos sólidos identificada no Município de Goiás (seção 6.4), acrescido das alternativas observadas na aplicação do Modelo de Transição (seção 6.5), subsidiaram a elaboração do Plano de Ação para os RSU, apresentado a seguir.

6.6.1 Cenário de referência

Complementarmente ao diagnóstico, a metodologia para elaboração de planos de resíduos sólidos recomenda a proposição de cenários. Segundo o MMA (2012b, p. 68), em um processo de planejamento, “a proposição de cenários visa a descrição de um futuro – possível, imaginável ou desejável – a partir de suposições ou prováveis perspectivas de eventos, capazes de uma mudança, da situação de origem até a situação futura”.

Preferencialmente, os cenários devem ser divergentes entre si, a fim de promover uma reflexão sobre as alternativas de futuro e constituir referências para o planejamento de longo prazo. Após comparar e ponderar a respeito dos cenários elaborados define-se um cenário de referência, o qual subsidiará a elaboração do Plano de Ação (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012b, p. 68).

A partir desta recomendação, nesta seção estabelece-se um cenário de referência para o planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.

No âmbito da elaboração do PERS de Goiás foram feitos estudos de prospecção para a escolha de um cenário de referência para o estado, considerando os seguintes temas: política econômica; crescimento populacional, geração e perfil dos resíduos sólidos; papel do estado, marco regulatório e relação interfederativa; gestão, gerenciamento, estabilidade e continuidade de políticas públicas, participação e controle social; investimentos no setor; e matriz tecnológica. Ressalta-se que, até o primeiro semestre de 2019, as ações previstas no PERS de

Goiás não haviam sido colocadas em prática. Entretanto, considerando o horizonte temporal de 20 anos adotado no seu planejamento e também a carência de dados e informações disponíveis e confiáveis, optou-se por utilizar o PERS de Goiás como fonte referência.

Os referidos estudos de prospecção possibilitaram a composição de três cenários de referência para o Estado de Goiás, conforme apresentado no Quadro 44. O Cenário 2, cuja coluna está destacada no quadro, foi considerado o mais provável de ocorrer durante os próximos 20 anos, contados a partir de 2015.

Quadro 44 – Cenários de referência considerados para o Estado de Goiás.

Condicionantes	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Política econômica	Elevado crescimento em relação à dívida/PIB.	Política macroeconômica orientada para o controle da inflação (crescimento moderado).	Crescimento nulo (recessão).
Crescimento populacional, geração e perfil dos resíduos sólidos	Aumento da geração per capita por faixa populacional e alteração da composição gravimétrica dos RSU.	Geração <i>per capita</i> por faixa populacional e composição gravimétrica dos RSU constantes, próximos aos valores atuais.	Redução da geração per capita por faixa populacional e alteração da composição gravimétrica dos RSU.
Papel do Estado, marco regulatório e relação interfederativa	Estado provedor e condutor dos serviços públicos com forte cooperação entre os entes federativos.	Moderada atuação do Estado com privatização de funções essenciais e moderada cooperação entre os entes federativos.	Fraca atuação do Estado e conflitos na relação entre os entes federativos.
Gestão, gerenciamento, estabilidade e continuidade de políticas públicas, participação e controle social	Avanços na capacidade de gestão com continuidade entre mandatos.	Políticas de estado contínuas e estáveis.	Prevalência de políticas de governo.
Investimentos no setor	Crescimento dos investimentos públicos; controle social.	Manutenção do patamar de investimentos públicos distribuídos parcialmente com critérios de planejamento.	Diminuição do atual patamar de investimentos públicos; aplicação sem critérios.
Matriz tecnológica	Desenvolvimento de tecnologias apropriadas e ambientalmente sustentáveis.	Adoção de tecnologias economicamente sustentáveis.	Soluções não compatíveis com as demandas e com as tendências internacionais.

Fonte: Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Goiás (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 163).

O estudo de prospecção relativo ao tema “política econômica” baseou-se em projeções do Banco Central do Brasil, para o período compreendido entre 2015 e 2018, obtidos no final de 2014, e apontou que provavelmente não haveria recessão, nem um crescimento econômico vigoroso neste intervalo de tempo. De acordo com o último Relatório Trimestral de Inflação divulgado pelo Banco Central do Brasil (2019), os indicadores recentes da atividade econômica continuam evidenciando uma recuperação gradual da economia brasileira. O Departamento de Pesquisa Econômica do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (2018, p. 54) também analisou possíveis cenários de crescimento para o período de 2018 a 2023, concluindo que “no período considerado, os números apresentados sugerem que a economia brasileira encontra-se em condições de crescer a um ritmo da ordem de 2,5% a 3,0% sem o surgimento de maiores pressões inflacionárias”.

Ou seja, o cenário econômico previsto no PERS de Goiás não sofreu alterações significativas até o presente momento e não há indicativo de que sofrerá no curto prazo. Assim sendo, pode ser adotado para o PMGIRS do Município de Goiás.

A relação entre o crescimento populacional e a geração de resíduos sólidos foi estabelecida no PERS de Goiás para um intervalo de tempo compreendido entre 2015 e 2035. A partir da estimativa da população de cada município do Estado de Goiás em 2015 e em 2035, foi calculada a projeção da geração per capita e total de RSU em cada um deles. Os resultados referentes ao Município de Goiás estão apontados no Quadro 45.

Quadro 45 – Estimativas de população, taxa de geração per capita e total de RSU em 2015 e 2035.

Município de Goiás	
Média da taxa de crescimento populacional	-0,71
2015	
População estimada para 2015 (hab.)	24.441
Projeção da geração per capita para 2015 (kg/hab.dia)	0,61
Projeção da geração total de RSU para 2015 (t/dia)	14,8
2035	
População estimada para 2035 (hab.)	20955
Projeção da geração per capita para 2035 (kg/hab.dia)	0,59
Projeção da geração total de RSU para 2035 (t/dia)	12,4

Fonte: adaptado de Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) de Goiás (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 379).

Prevalecendo o cenário econômico brasileiro descrito anteriormente, bem como a tendência de redução da população no Município de Goiás ao longo dos próximos anos, pode-se afirmar que os valores estimados no Quadro 45 tendem a se manter.

Na esfera estadual, a Lei nº 14.248 de 29 de julho de 2002 dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos de Goiás. Entretanto, como não foi regulamentada e precisa ser atualizada, não está sendo aplicada como deveria. A ausência de regulamentação adequada e efetiva contribui para o atual cenário desfavorável da gestão de resíduos sólidos no Estado de Goiás (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 160).

A regulação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos acaba sendo realizada pelas prefeituras municipais, de maneira isolada, com pouco diálogo entre os municípios e pouca participação do governo estadual ou federal. Entretanto, a maioria dos municípios goianos é de pequeno porte sendo, portanto, custoso administrar e bancar sozinhos estes serviços (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 160).

Em função disto, foi sugerido no PERS de Goiás que os municípios goianos busquem soluções consorciadas de modo a atingir economia de escala. Para tanto, existe a Lei de Consórcios Públicos (Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005) que permite estabelecer relações de cooperação federativa para a prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

O Município de Goiás enquadra-se na situação descrita acima e poderia, caso participasse de algum tipo de solução consorciada, alcançar bons resultados sem comprometer o orçamento municipal além de sua capacidade financeira.

Outra questão tratada nos estudos de prospecção, refere-se ao quadro institucional municipal. Observou-se que a maioria dos municípios goianos não possui uma estrutura organizacional específica e suficientemente competente para tratar da problemática dos resíduos sólidos (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 161).

Este é o caso do Município de Goiás, onde a Secretaria Municipal de Meio Ambiente não possui recursos humanos suficientes em termos numéricos e nem tecnicamente preparados para o enfrentamento da questão. Ainda, cabe à Secretaria de Obras a responsabilidade pela operação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, denotando certa desorganização na gestão e no gerenciamento do sistema.

Com relação à participação e controle social, apontou-se que os atores envolvidos na questão dos resíduos sólidos atuam de forma pouco integrada e com modesta participação nas ações desenvolvidas pelo Estado de Goiás e que caberia a este último criar mecanismos para promover esta integração (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 161).

Se por um lado o Município de Goiás precisa estruturar-se internamente do ponto de vista organizacional, qualquer pretensão de participar de soluções consorciadas e em rede passaria pela abertura de canais de comunicação com atores internos e externos aos limites municipais e pelas mesas de negociação.

Os investimentos públicos no setor de resíduos sólidos são escassos, sendo boa parte dos recursos financeiros provenientes da União, que prioriza repasses de recursos para a implantação de sistemas compartilhados, sem contudo arcar com os custos de operação e manutenção deles. O Estado de Goiás, por sua vez, não atua como provedor dos sistemas municipais. Ou seja, os municípios assumem estes custos. No PERS de Goiás foi indicada a cobrança de taxas para a implantação, operação e manutenção dos sistemas gestão e manejo de resíduos sólidos, considerando que a arrecadação de Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) não é suficiente para garantir a sustentabilidade econômica deles (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 162).

Novamente o Município de Goiás se enquadra na análise feita. A leitura das contas públicas evidenciou que não há capacidade de investimento por parte da Prefeitura Municipal de Goiás, necessitando o município de financiamento externo. Também não há cobrança de taxas para a operação e manutenção dos sistemas gestão e manejo de resíduos sólidos. Considerando o nível de emprego e renda da população, bem como a geração de riquezas no município, a cobrança de taxas enfrentaria enorme e compreensível resistência. Em razão disto, a cooperação entre entes federados e as parcerias com atores públicos e privados envolvidos na questão dos resíduos sólidos é mais interessante para o Município de Goiás. Lembrando ainda, que há uma empresa já consolidada atuando na comercialização e transporte de materiais recicláveis no município e que tem potencial para expansão.

O gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios do Estado de Goiás é orientado para a disposição final, prevalecendo o lixão como a forma adotada. Embora a economia do estado seja baseada no agronegócio, não se realiza a compostagem (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 162).

O apontamento feito no PERS de Goiás é compatível com a realidade do Município de Goiás. Dada a quantidade de áreas rurais, de assentamentos de reforma agrária, de distritos e povoados e ainda, o tamanho de sua população rural, conceber e implantar unidades de compostagem não seria tarefa complexa e não envolveria custos elevados.

Recomendou-se no PERS de Goiás a adoção de tecnologias cuja operação e manutenção são mais simples e que promovam a inserção dos catadores de materiais recicláveis, o que é compatível com as necessidades do Município de Goiás, visto que há pessoas atuando na cata de materiais no lixão.

As soluções tecnológicas mais sofisticadas seriam mais adequadas para promover a erradicação do lixão municipal, para a construção de um aterro sanitário, com a finalidade de receber os rejeitos e para a recuperação de energia.

Feita a análise do cenário de referência elaborado para o PERS de Goiás e, principalmente, o enquadramento do Município de Goiás neste cenário, na seção seguinte apresenta-se as proposições para a gestão e o gerenciamento dos RSU, tendo o Modelo de Transição como a referência para o planejamento.

6.6.2 Proposições para o RSU

O Plano de Ação proposto nesta seção apresenta respostas para os problemas observados no diagnóstico da componente limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás. Ele é pautado pelo cenário de referência citado na seção anterior, pelas determinações do PLANARES e pelo PERS de Goiás, reconhecendo desta maneira, a relação e a hierarquia existente entre estes planos e aquele que o município deve produzir e implantar.

Tendo em vista o recorte da pesquisa, o Plano de Ação se restringe aos RSU, neles incluídos os resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, gerados em pequenos estabelecimentos e equiparados aos resíduos domiciliares, em razão de sua natureza, composição ou volume, o que tem o respaldo da PNRS.

Os objetivos do Plano de Ação do Município de Goiás surgiram da fusão entre e a hierarquia a ser observada para a gestão de resíduos sólidos estabelecida pela PNRS e os pressupostos da Economia Circular, conforme exposto na seção 5.2, onde foi explicado o partido geral que orientou a projeção do Modelo de Transição. Este último, neste ponto do trabalho, é o modelo de referência para o planejamento do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos no Município de Goiás.

As metas de planejamento foram fixadas observando dois critérios: (I) período com revisão a cada 4 anos, vinculada à elaboração dos planos plurianuais, conforme recomenda o PLANARES e o PERS de Goiás; e (II) período de transição da Economia Linear para a Circular, apontado pela Fundação Ellen MacArthur (2012, p. 79-83), que deverá alcançar a fase de integração por volta de 2025.

Normalmente adota-se um horizonte temporal de 20 anos para os planos de resíduos sólidos. Entretanto, adotou-se um horizonte de 12 anos para que a última revisão do PMGIRS do Município de Goiás, prevista para este intervalo de tempo, seja coincidente com o horizonte de planejamento do PERS de Goiás.

Programas e ações de baixa e média complexidade, que envolvem tecnologias relativamente simples e bastante difundidas, foram priorizados, devendo o seu planejamento, implantação e execução ocorrer no curto prazo (2020 a 2023) e serem aperfeiçoados em períodos subsequentes, a cada quatro anos. Aqueles que envolvem soluções compartilhadas e tecnologias mais sofisticadas, foram abordados no médio e longo prazo (2024 a 2027 e 2028 a 2031, respectivamente). Estes últimos requerem mais tempo para negociações, obtenção de recursos financeiros, criação e atendimento de requisitos legais e estabelecimento de instrumentos contratuais. Logo, o Plano de Ação aqui proposto, foi pensado para se desenvolver segundo um processo e ao longo de muito tempo. Considera-se, contudo, que é preciso começar e dar sequência aos programas e ações previstos, ainda que não se cumpram integralmente todas as metas previstas.

O Quadro 46 relaciona os prazos e o horizonte temporal para o PMGIRS do Município de Goiás. As ações apontadas no quadro referem-se às etapas do Ciclo PDCA, um conceito bastante empregado no campo do Planejamento e da Gestão. A sigla PDCA é formada pela primeira letra do nome em inglês de cada uma das quatro etapas do ciclo, a saber: (I) *Plan* (planejar), etapa na qual são estabelecidos os objetivos e processos necessários para atingir os resultados em concordância com a política ambiental de uma determinada organização; (II) *Do* (executar), etapa na qual todos processos de um determinado sistema são implantados; (III) *Check* (verificar), nesta etapa os processos são monitorados e medidos para avaliar se estão atendendo objetivos, metas, requisitos legais, dentre outros. O resultado da avaliação é empregado na etapa seguinte para a correção de não conformidades; e (IV) *Act* (agir), nesta etapa as não conformidades são corrigidas, o sistema como um todo evolui e o ciclo inicia-se novamente, para garantir a melhoria contínua (MOREIRA, 2013, p. 84-86).

Quadro 46 – Prazos e horizonte temporal para o PMGIRS do Município de Goiás.

Ações	Curto prazo (C)				Médio prazo (M)				Longo prazo (L)			
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Planejar (P)	X											
Executar (D)		X	X	X								
Verificar (C)					X							
Agir (A)						X	X	X	X	X	X	X

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

As diretrizes e estratégias são o meio para se alcançar os objetivos. No Plano de Ação para os RSU do Município de Goiás, as diretrizes e estratégias foram engendradas com base na ordem de prioridade estabelecida no partido geral, fruto da combinação de três elementos: a contribuição dada por Lansink (2018), a ordem de prioridade estabelecida pela PNRS (BRASIL, 2010a) e as fontes de criação de valor da Economia Circular, conforme explicado na seção 5.2.

As estratégias foram concebidas de maneira a criar resistência e resiliência nos fluxos de materiais, para evitar que se tornem resíduos sólidos. Quando o material chegar ao fim da sua vida útil, também encontrará resistência e resiliência nos fluxos de resíduos sólidos, para evitar que sejam destinados às áreas de disposição final, onde serão rejeitos desvalorizados e acumulados. Uma vez classificados como rejeitos, ainda restam as estratégias para recuperar energia. Assim, as estratégias priorizam a redução da geração, a valorização dos materiais e resíduos sólidos e a recuperação de energia dos rejeitos. O aterro sanitário foi considerado como a última opção.

As tecnologias que se aplicam ao tratamento de resíduos sólidos sem a distinção dos ciclos e fluxos de nutrientes, embora não tenham sido suprimidas, foram evitadas, porque elas eliminam a coleta seletiva e a logística reversa, o que impossibilita a incorporação dos resíduos sólidos orgânicos nos ecossistemas, e impede o aproveitamento dos resíduos sólidos inorgânicos como matéria-prima secundária. Estas formas de tratamento foram consideradas aplicáveis somente para os fluxos de rejeitos, porque é melhor gerar energia em um processo termoquímico, que acumular rejeitos por tempo indeterminado em um aterro sanitário. Este último, além de ocupar espaço e expor ambientes e populações ao risco, demandará medidas de monitoramento e controle de impactos ambientais enquanto existir.

O aterro sanitário é uma tecnologia de fim de tubo ultrapassada, mas que não pode ser dispensada por completo enquanto houver rejeitos circulando no sistema. Entretanto, o seu emprego pode ser racionalizado por meio de uma solução compartilhada, onde mais de um município sustenta, e ao mesmo tempo utiliza, uma única estrutura.

Em observância à distinção dos ciclos dos materiais adotada no Modelo de Transição, foi proposto um Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico, relativo ao ciclo dos nutrientes biológicos, e outro para o fluxo de RSU inorgânico, relativo ao ciclo de nutrientes técnicos.

Os Quadros 47 a 52 apresentam o Plano de Ação para os RSU do Município de Goiás. Os quadros 47 a 49 mostram os objetivos, diretrizes, estratégias, programas e ações, prazos, e responsabilidades referentes ao RSU orgânico, enquanto os Quadros 50 a 52 referem-se ao RSU inorgânico.

Quadro 47 – Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico baseado no Modelo de Transição (fase pré-consumo).

CICLO BIOLÓGICO (B) – PROCESSO B														
FASE PRÉ-CONSUMO														
Objetivo: reduzir														
Diretriz: reduzir a geração de RSU.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
		P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Incentivar o setor produtivo local a ampliar a oferta de ecoprodutos.	Estabelecer um programa de concessão de incentivos fiscais municipais e de premiação das boas práticas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Combater o desperdício de alimentos.	Realizar campanhas educativas nas áreas urbana e rural, principalmente nas escolas do município, por meio de diferentes mídias, apresentando formas de aproveitar melhor os alimentos e evitar perdas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação
Incentivar a prática da compostagem doméstica.	Distribuir cartilhas e manuais contendo orientações sobre como construir e operar uma composteira doméstica, bem como apontar as possibilidades de uso e comercialização dos produtos resultantes do processo.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir														

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Quadro 48 – Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico baseado no Modelo de Transição (fase de consumo).

CICLO BIOLÓGICO (B) – PROCESSO B														
FASE DE CONSUMO														
Objetivo: segregar														
Diretriz: segregar a fração orgânica dos RSU.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
		P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Descartar e acondicionar adequadamente os RSU orgânicos.	Estabelecer um programa de coleta seletiva, onde se determine a segregação da fração orgânica dos resíduos sólidos, de acordo com a sua fonte geradora e características.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
	Realizar campanhas educativas nas áreas urbana e rural, principalmente nas escolas do município, para demonstrar a forma correta de descartar os resíduos sólidos, de modo a segregar a fração orgânica.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.
	Capacitar o servidores públicos municipais para demonstrar a forma correta de descartar os resíduos sólidos, de modo a segregar a fração orgânica.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.
	Coletar os resíduos sólidos orgânicos seletivamente e encaminhá-los para os processos de aproveitamento.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir														

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Quadro 49 – Plano de Ação para o fluxo de RSU orgânico baseado no Modelo de Transição (fase pós-consumo).

CICLO BIOLÓGICO (B) – PROCESSO B														
FASE PÓS-CONSUMO														
Objetivo 1: destinar														
Diretriz 1: reciclar a fração orgânica dos RSU. Diretriz 2: recuperar energia a partir da fração orgânica dos RSU. Diretriz 3: recuperar energia a partir de rejeitos.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
		P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Compostar os RSU orgânicos.	Implantar unidades para recebimento de RSU orgânico nas áreas urbanas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Implantar unidades para aproveitamento de RSU orgânico nas áreas rurais.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Realizar a compostagem municipal do RSU orgânico.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Utilizar os produtos resultantes do processo de compostagem na agricultura urbana e na manutenção de parques e jardins do município.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Criar ambiente favorável ao surgimento e sobrevivência de empreendimentos relacionados às atividades de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos provenientes de fontes diversas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Processar o RSU orgânico para gerar energia.	Participar de soluções consorciadas, voltadas para a geração de energia a partir de resíduos sólidos orgânicos					P	D	C	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.

	de fontes variadas, em processos biológicos e termoquímicos.														
Processar rejeitos para gerar energia.	Participar de soluções consorciadas, voltadas para a geração de energia a partir de rejeitos, em processos termoquímicos.									P	D	C	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.	
CICLO BIOLÓGICO (B) – PROCESSO B															
FASE PÓS-CONSUMO															
Objetivo 2: dispor															
Diretriz: aterrar rejeitos.															
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável	
Realizar a disposição final de rejeitos em aterro sanitário.	Realizar disposição final de rejeitos que não podem ser empregados em nenhum tipo de processo de recuperação de energia, porque o município não possui unidades para processamento, ou não participa de soluções consorciadas utilizadoras destas tecnologias.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.	
	Encaminhar para aterro sanitário os rejeitos que, devido às suas características, não podem ser empregados em nenhum tipo de processo de recuperação de energia.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.	
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir															

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Quadro 50 – Plano de Ação para o fluxo de RSU inorgânico baseado no Modelo de Transição (fase pré-consumo).

CICLO TÉCNICO (T) – PROCESSO T														
FASE PRÉ-CONSUMO														
Objetivo: reduzir														
Diretriz: reduzir a geração de RSU.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
		P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A		
Incentivar o setor produtivo local a ampliar a oferta de ecoprodutos.	Estabelecer um programa de concessão de incentivos fiscais municipais e de premiação das boas práticas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir														

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Quadro 51 – Plano de Ação para o fluxo de RSU inorgânico baseado no Modelo de Transição (fase de-consumo).

CICLO TÉCNICO (T) – PROCESSO T														
FASE DE CONSUMO														
Objetivo 1: reutilizar														
Diretriz: reutilizar produtos.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
		P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Estimular o consumo consciente por parte da população.	Realizar campanhas educativas nas áreas urbana e rural, principalmente nas escolas do município, por meio de diferentes mídias, apresentando os conceitos de consumo sustentável, solidário e responsável.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.
Adotar práticas de consumo consciente nos órgãos da administração pública municipal.	Combater o desperdício de materiais de consumo.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Gabinete da Prefeitura e órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
	Aprimorar os processos de compra evitando a aquisição de produtos inadequados ao uso ou incompatíveis com a demanda racional.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
	Incluir nas especificações das compras públicas a possibilidade de adquirir produtos reutilizáveis, recicláveis e reciclados.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Desestimular o uso de embalagens.	Estabelecer acordos com o setor varejista do município para promover a comercialização de produtos a granel.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Incentivar a reutilização dos produtos (bens de consumo).	Criar ambiente favorável ao surgimento e sobrevivência de empreendimentos relacionados às atividades de compartilhamento, conservação e remanufatura.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.

	Estabelecer um espaço físico de uso misto voltado para a instalação de oficinas experimentais e brechós; para a promoção de cursos, eventos e feiras de troca.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo planejamento urbano, pelo desenvolvimento econômico, pela administração financeira e pelas obras e serviços públicos.
	Promover oficinas de artesanato com finalidade educativa e que também estimulem a criação de produtos comercializáveis.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo planejamento urbano, pelo desenvolvimento econômico, pela administração financeira e pelas obras e serviços públicos.
Objetivo 2 segregar														
Diretriz: segregar a fração inorgânica dos RSU.														
Descartar e acondicionar adequadamente os RSU inorgânicos.	Estabelecer um programa de coleta seletiva, onde se determine a segregação da fração inorgânica dos resíduos sólidos, de acordo com a sua fonte geradora e características.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
	Realizar campanhas educativas nas áreas urbana e rural, principalmente nas escolas do município, para demonstrar a forma correta de descartar os resíduos sólidos, de modo a segregar a fração inorgânica.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.
	Capacitar o servidores públicos municipais para demonstrar a forma correta de descartar os resíduos sólidos, de modo a segregar a fração inorgânica.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.
	Coletar os resíduos sólidos inorgânicos seletivamente e encaminhá-los para os processos de aproveitamento.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir														

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Quadro 52 – Plano de Ação para o fluxo de RSU inorgânico baseado no Modelo de Transição (fase pós-consumo).

CICLO TÉCNICO (T) – PROCESSO T														
FASE PÓS-CONSUMO														
Objetivo 1: destinar														
Diretriz 1: reciclar a fração inorgânica dos RSU. Diretriz 2: recuperar energia a partir da fração inorgânica dos RSU. Diretriz 3: recuperar energia a partir de rejeitos.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
Responsabilizar os órgãos públicos municipais pela gestão e gerenciamento interno de seus resíduos sólidos.	Implantar PGRS nos órgãos da administração pública municipal.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Gabinete da Prefeitura.
Responsabilizar os órgãos públicos estaduais e federais presentes no município pela gestão e gerenciamento interno de seus resíduos sólidos.	Exigir a elaboração de PGRS e estabelecer prazo de um ano para a implantação e operação das ações prevista nos planos.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
	Fiscalizar o cumprimento das ações e punir irregularidades.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
Responsabilizar os grandes geradores* pela gestão e gerenciamento de seus resíduos sólidos.	Exigir a elaboração de PGRS e estabelecer prazo de um ano para a implantação e operação das ações prevista nos planos.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
	Fiscalizar o cumprimento das ações e punir irregularidades.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pelo meio ambiente.
	Interromper a prestação dos serviços públicos de manejo de resíduos sólidos para os grandes geradores após o vencimento do prazo estabelecido.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.

Reciclar RSU inorgânico.	Implantar unidades do tipo LEV e PEV para recebimento de RSU inorgânico, nas áreas urbana e rural.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Implantar unidades para triagem e acondicionamento de resíduos sólidos recicláveis.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Criar ambiente favorável ao surgimento e sobrevivência de empreendimentos relacionados às atividades de logística reversa no município.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
	Criar ambiente favorável ao surgimento e sobrevivência de empreendimentos relacionados à reciclagem no município.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Processar o RSU inorgânico para gerar energia.						P	D	C	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Processar rejeitos para gerar energia.										P	D	C	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
CICLO TÉCNICO (T) – PROCESSO T														
FASE PÓS-CONSUMO														
Objetivo 2: dispor														
Diretriz: aterrar rejeitos.														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023	M 2024-2027	L 2028-2031	Responsável									

Realizar a disposição final de rejeitos em aterro sanitário.	Realizar disposição final de rejeitos que não podem ser empregados em nenhum tipo de processo de recuperação de energia, porque o município não possui unidades para processamento, ou não participa de soluções consorciadas utilizadoras destas tecnologias.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
	Encaminhar para aterro sanitário os rejeitos que, devido às suas características, não podem ser empregados em nenhum tipo de processo de recuperação de energia.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir.														
*Grandes geradores: apontados no artigo 20, inciso I e II da PNRS (Brasil, 2010) a saber: Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços (RCO); Resíduos da construção civil (RCC); Resíduos dos serviços públicos de Saneamento Básico (RSB); Resíduos sujeitos a logística reversa (RLR); Resíduos industriais (RIN); Resíduos agrossilvipastoris (RAG); Resíduos de mineração (RMI).														

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

A responsabilidade direta e indireta dos agentes públicos envolvidos na gestão e no gerenciamento dos resíduos sólidos no Município de Goiás foi apontada nos quadros apresentados. Mas, cabem ainda apontamentos adicionais.

Ressalta-se que é imprescindível estruturar melhor a administração pública municipal. Para tanto, é preciso compor, tanto quantitativa quanto qualitativamente, um corpo técnico lotado na Secretaria Municipal de Meio Ambiente, para atuar no nível da gestão. Este corpo técnico, em um primeiro momento, produziria mecanismos de controle, fiscalização e regulação que, em um segundo momento, permitiria disciplinar as atividades de geradores e transportadores de resíduos sólidos. Outra tarefa importante a ser realizada por este corpo técnico, refere-se à criação de iniciativas voltadas para o uso racional de recursos e energia e para a realização de compras sustentáveis, na esfera dos órgãos da administração pública municipal. Este corpo técnico também estaria encarregado de orientar a criação, a implantação e a manutenção de ações de Educação Ambiental no Município de Goiás.

No que diz respeito aos catadores, na elaboração deste Plano de Ação, adotou-se como referência o Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010, que instituiu o Programa Pró-Catador. No artigo 1º, parágrafo único do decreto, os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis são definidos como “pessoas físicas de baixa renda que se dedicam às atividades de coleta, triagem, beneficiamento, processamento, transformação e comercialização de materiais reutilizáveis e recicláveis” (BRASIL, 2010b).

O diagnóstico do Município de Goiás revelou a existência de 10 catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis atuando no lixão. Sabe-se que nesta questão o aspecto social não se dissocia dos aspectos econômicos e ambientais. Ao contrário, estes aspectos formam uma amálgama, que resulta no aspecto socioambiental. Portanto, requer ações conjuntas e integradas de diferentes órgãos da administração pública municipal. Ao observar que a quantidade de pessoas envolvidas neste aspecto é relativamente pequena, percebe-se que é possível prestar-lhes assistência, contando apenas com a estrutura já existente no município, a saber: órgãos da administração pública municipal; escolas e unidades de saúde pública municipal.

O Quadro 53 apresenta propostas para o enfrentamento do aspecto socioambiental da gestão de RSU no Município de Goiás. Considerando que há pessoas em situação de vulnerabilidade social, o planejamento, a implantação e a execução das ações devem ocorrer no curto prazo (2020 a 2023).

Quadro 53 – Plano de Ação para o aspecto socioambiental da gestão de RSU (fase pós-consumo).

ASPECTO SOCIOAMBIENTAL														
FASE PÓS-CONSUMO														
Objetivo: incluir														
Diretriz: incluir catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis														
Estratégia	Programas e ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
		P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Promover a inclusão socioeconômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis através de ações conjuntas e integradas.	Elaborar estudo socioeconômico para identificar e cadastrar os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, bem como compreender a sua realidade, necessidades e expectativas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela assistência social.
	Elaborar programas focados na inclusão socioeconômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
	Favorecer a sustentabilidade e a eficiência das cooperativas e associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, mediante a isenção de pagamento dos tributos municipais.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
	Priorizar a contratação de cooperativas e associações de catadores para a realização de atividades referentes à coleta seletiva, triagem e logística reversa.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
	Buscar parcerias para ofertar cursos de capacitação técnica.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pela educação.

	Elaborar cartilhas e material didático para orientar a gestão das cooperativas.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
	Facilitar o acesso à educação para os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e suas famílias, principalmente crianças e adolescentes.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
	Prestar assistência à saúde dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e de suas famílias.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgão municipal responsável pela saúde.
	Incluir os catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, bem como as suas famílias, em programas habitacionais.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo desenvolvimento econômico e pela assistência social.

Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir.

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

Para atender as diretrizes e estratégias definidas neste Plano de Ação para os RSU do Município de Goiás, é requerida a implantação de infraestrutura.

Inicia-se pela distribuição de coletores para coleta seletiva em toda a malha urbana, preferencialmente em locais de maior acesso e fluxo de pessoas, conforme apontado na seção 6.5.1. Em locais onde é gerado um volume maior de RSU, como por exemplo no Mercado Municipal, localizado no Centro Histórico, a melhor opção são os contentores móveis.

Para a implantação de unidades do tipo LEV e PEV, que receberão maior volume de resíduos sólidos recicláveis, é preciso mapear áreas públicas segundo os seguintes critérios: (I) localização fora do Centro Histórico, porque há restrições referentes ao tombamento e ao reconhecimento como Patrimônio da Humanidade; (II) localização próxima de locais com grande fluxo de pessoas, com fácil acesso e suficiente espaço para manobras de veículos coletores.

As unidades do tipo LEV requerem espaços menores e podem ser projetadas e construídas, ou adquiridas de fabricantes, com dimensões compatíveis com as dos locais selecionados.

As unidades do tipo PEV, por sua vez, ocupam espaços maiores porque são equipadas com baias, caçambas estacionárias e pátio de manobra de caminhão. Portanto, precisam ser projetadas em conformidade com a área onde serão construídas.

Ambas, LEV e PEV podem receber RSU orgânico e inorgânico, desde que tenham sido previamente planejadas, projetadas e construídas para tanto. No caso do RSU orgânico é preciso dar especial atenção às atividades de operação destas unidades, pois a matéria orgânica, em geral, degrada-se facilmente. Portanto, é preciso haver assiduidade e pontualidade na rotina de coleta.

Para o processamento de RSU orgânico, é necessário construir uma unidade de compostagem, constituída basicamente por: uma área administrativa, onde se encontra a gerência da unidade e as instalações para os trabalhadores (tais como: copa, banheiros e vestiários); uma área operacional para manobra de veículos, transbordo e manejo dos RSU orgânicos; e um pátio de compostagem. Este tipo de unidade também precisa ser projetada em conformidade com a área onde será construída.

Sobre o processamento de RSU inorgânico, conforme identificado no diagnóstico, existe uma unidade de triagem no Município de Goiás, que é propriedade do Estado de Goiás e está temporariamente ocupada por uma empresa privada. Caso se confirme a doação do imóvel para o Município de Goiás, não há necessidade de construir outra unidade. Porém, será necessário reformar o espaço físico e instalar equipamentos.

Se a doação não ocorrer, ou se não houver um acordo entre o Estado de Goiás e a Prefeitura Municipal de Goiás, será necessária a construção de outra unidade de triagem. Neste caso, o custo estimado pelo PERS de Goiás, em 2015, para a implantação de uma nova unidade de triagem, com capacidade instalada para processar 27,85 t/mês, empregando 12 catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, seria de R\$ 154.883,70 (ESTADO DE GOIÁS, 2015, p. 303).

Embora a ideia seja eliminar gradativamente a disposição final de resíduos sólidos e rejeitos em aterro sanitário, ficou evidenciado que, tanto atualmente quanto em um período de transição da Economia Linear para a Circular, esta unidade ainda é necessária. Portanto, esta é uma ação a ser planejada e implantada no curto prazo e mantida no médio e longo prazo.

Na seção 6.5.3, onde se discutiu o ciclo dos rejeitos no Município de Goiás, foi recomendada a adoção de uma solução consorciada. Porém, se esta solução não se concretizar, o Município de Goiás será obrigado a converter a área ocupada pelo lixão em aterro sanitário, ou a identificar no seu território outra área com aptidão para receber este tipo de unidade, em cumprimento à legislação vigente.

Baseando-se na quantidade de RSU gerada atualmente no município e nas projeções que apontam para uma redução da população vilaboense no período compreendido entre 2011 e 2020, avalia-se que um aterro sanitário simplificado seria adequado, principalmente se esta alternativa fosse adotada até que se efetivasse a participação do Município de Goiás em um consórcio. A implantação de aterros sanitários requer estudos ambientais, licenciamento, projetos de engenharia e obras civis. Paralelamente à construção do aterro sanitário, elabora-se um PRAD para erradicar o lixão.

Ainda de acordo com o Plano de Ação, em médio prazo será preciso pensar a respeito das unidades de processamento biológico e termoquímico, voltadas para a geração de energia. Estas unidades também precisam ser planejadas, dimensionadas, projetadas e construídas em conformidade com a quantidade de rejeitos a serem processados e com a área onde serão construídas. Assim sendo, é preciso antes de tudo definir se o município participará ou não de uma solução consorciada. Estas unidades requerem estudos, projetos e obras executados por empresas especializadas.

O Quadro 54 apresenta o Plano de Ação para a implantação destas unidades. Em seguida, na seção 6.7, encerra-se este capítulo apresentando ponderações a partir do aprendizado obtido até aqui.

Quadro 54 – Plano de Ação para implantação de infraestrutura para o gerenciamento da gestão de RSU (fase pós-consumo).

INFRAESTRUTURA														
FASE PÓS-CONSUMO														
Objetivo: construir														
Diretriz: elaborar projetos e empreender obras de engenharia.														
Obras	Ações	C 2020-2023				M 2024-2027				L 2028-2031				Responsável
Unidades do tipo LEV e PEV para recebimento de resíduos sólidos recicláveis.	Projetar, construir e operar.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente e pelas obras e serviços públicos.
Unidade de compostagem para processamento de RSU orgânico.	Projetar, construir e operar.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Unidade para triagem e acondicionamento de RSU inorgânico. *	Projetar, construir e operar.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aterro sanitário para recebimento de rejeitos. **	Projetar, construir e operar.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) para erradicação do lixo.	Elaborar e implantar.	P	D	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Unidade de processamento biológico para gerar energia a partir de biomassa. ***	Contratar empresa especializada para projetar, construir.					P	D	C	A	A	A	A	A	Órgãos municipais responsáveis pelo meio ambiente, pelo desenvolvimento econômico e pela administração financeira.
Unidade de processamento termoquímico para recuperação de energia a partir de rejeitos. ****	Contratar empresa especializada para projetar, construir.					P	D	C	A	A	A	A	A	
Legenda: (P) Planejar; (D) Executar; (C) Verificar; (A) Agir.														
* Caso não seja possível ocupar o galpão existente no Município.														
** Preferencialmente, aterro sanitário consorciado. Na ausência de uma solução consorciada, aterro sanitário municipal.														
*** No âmbito municipal ou de uma solução consorciada.														
**** No âmbito de uma solução consorciada.														

Fonte: elaborado por Veiga (2019).

6.7 Últimas ponderações

Finalizado o estudo de caso, resta fazer novas ponderações a partir daquilo que foi percebido na aplicação do Modelo de Transição, desenvolvido no capítulo 5, como modelo de referência para o planejamento e a concepção do sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos do Município de Goiás. Segue.

A primeira e a mais evidente constatação é que, na escala do município e no âmbito da administração pública municipal, o campo de aplicação do Modelo de Transição, proposto no capítulo 5, fica praticamente restrito à fase pós-consumo. Embora tenham sido identificadas possibilidades de ação nas fases pré-consumo e consumo, as mais significativas e com potencial para promover e facilitar a transição da Economia Linear para a Circular, estão realmente concentradas na fase pós-consumo e focadas na gestão e no gerenciamento de resíduos sólidos. Estas possibilidades não se restringem aos RSU, mas ele é o objeto de preocupação e a obrigação legal da administração pública municipal.

Outra constatação: dentre todas as diretrizes e estratégias apresentadas no Plano de Ação para os RSU no Município de Goiás, as mais importantes são aquelas que se relacionam à destinação final. São elas: a segregação na fonte geradora, a coleta seletiva, a compostagem dos RSU orgânicos, a logística reversa e a reciclagem dos RSU inorgânicos.

Estas estratégias e diretrizes desviam o fluxo de RSU, evitando as áreas de disposição final. Desequilibram a equação, segundo a qual, a destinação final é igual à disposição final. Alimentam o fluxo de valorização de resíduos sólidos. Portanto, evidenciam o quanto a visão corretiva está equivocada e gerando desperdício.

Voltando ao enquadramento do Município de Goiás nos cenários esboçados no início do capítulo 5, percebe-se três possibilidades, expostas nos parágrafos seguintes. O horizonte temporal é o mesmo adotado para o Plano de Ação para os RSU: um período de 12 anos, considerado a partir de 2020.

A primeira possibilidade: o Município de Goiás continua enquadrado no cenário Cidade Reativa. Neste cenário, nos próximos 12 anos, nada mudaria substancialmente, ou seja, não haveria alterações no sistema de gestão e manejo de resíduos sólidos. Também não ocorreria a participação do município em uma solução compartilhada, onde poderiam ser estabelecidas relações simbióticas que favorecessem todos os municípios participantes, bem como o surgimento e o fortalecimento da circularidade na Economia da Região Noroeste Goiano.

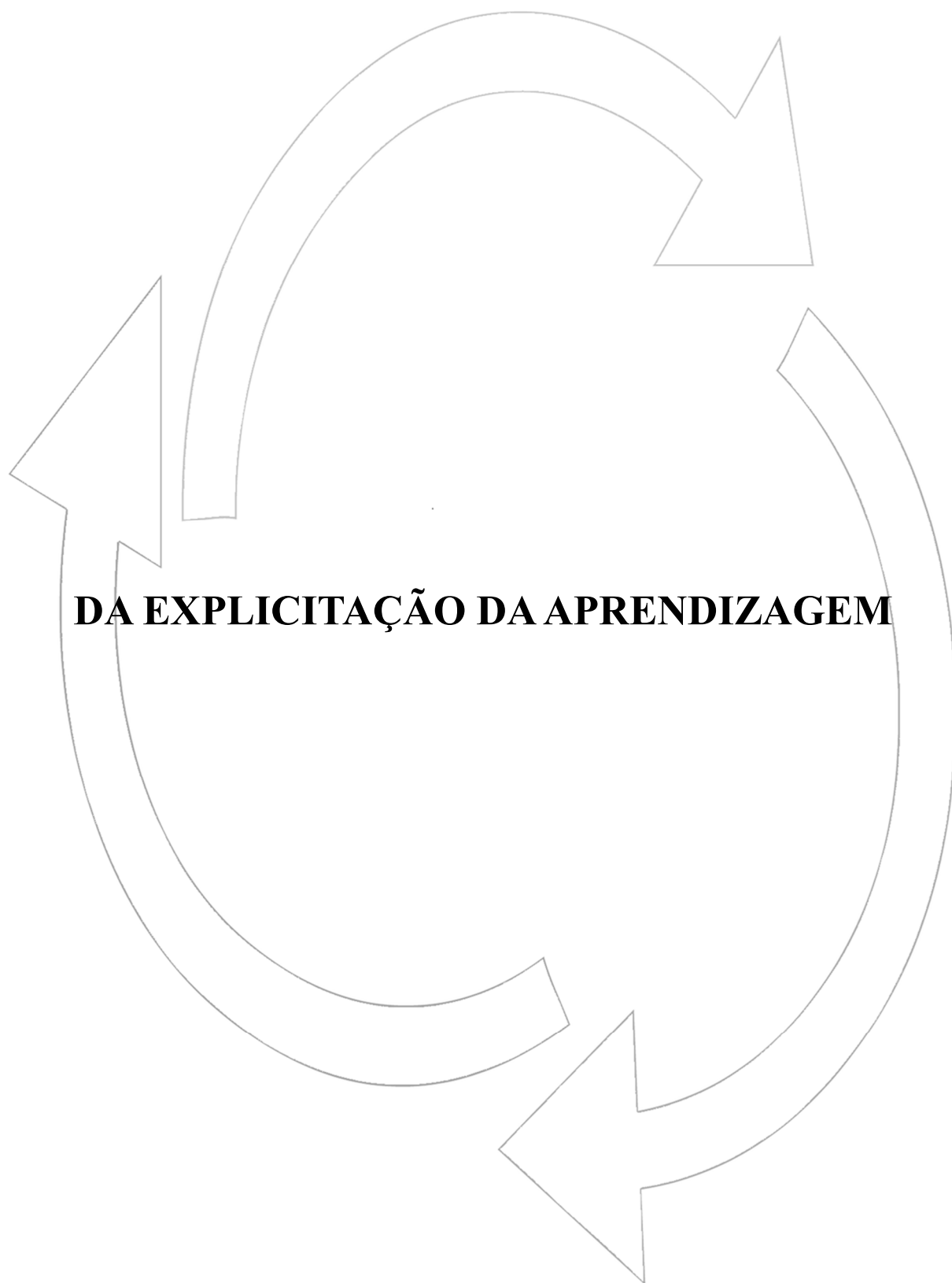
A segunda possibilidade: o Município de Goiás toma uma decisão política, abandona a visão corretiva, entra em um processo de planejamento estratégico, busca recursos e parcerias para implantar a infraestrutura necessária e enquadra-se no cenário Cidade Transição. O

Município de Goiás, em 2019, implantaria medidas emergenciais na área do lixão e estaria planejando a construção do aterro sanitário simplificado no mesmo local onde atualmente se encontra o lixão. No final de 2020, ele estaria implantado e entrando em operação. Estariam se iniciando também a remediação e a restauração da área do lixão. As negociações para a constituição do consórcio intermunicipal também estariam sendo iniciadas neste momento, com o apoio do governo estadual. Ao final dos primeiros 4 anos (2020-2023), o Município de Goiás teria um conjunto de instrumentos legais baseados em metas de Lixo Zero. A coleta seletiva estaria implantada em toda a área urbana do município e estaria em curso o planejamento para atender a área rural. O Município de Goiás contaria com uma unidade de compostagem para os resíduos sólidos orgânicos, localizada na zona rural, porém próxima da área urbana. Abrigaria uma unidade de triagem, que estaria recebendo resíduos sólidos inorgânicos recicláveis dos demais municípios localizados às margens da GO 070 e da GO 164, além dos seus próprios. Estas rodovias se encontram em um entroncamento na saída de Goiás para a Região Metropolitana de Goiânia, onde se encontram atualmente as indústrias recicladoras. Logo o município seria um ponto de convergência de uma rede de municípios envolvidos na rota da reciclagem na Região Noroeste Goiano. No final de 2023, tendo implantado as unidades citadas, o município estaria agindo para atrair indústrias recicladoras porque, desta forma, eliminaria o transporte dos materiais recicláveis, evitando gastos com transporte, melhorando a arrecadação do município e garantindo empregos locais. Os 4 anos seguintes (2024-2027) seriam dedicados ao planejamento e à implantação do consórcio intermunicipal, bem como das unidades para a geração de energia no âmbito do consórcio.

A terceira possibilidade: o Município de Goiás atravessa o período de transição e enquadra-se no cenário Cidade Circular, no que se refere à gestão de resíduos sólidos. Em 2028, o consórcio intermunicipal estaria entrando em operação. Em 2029, o Município de Goiás estaria planejando o encerramento do aterro sanitário simplificado, porque neste momento os rejeitos passariam a ser encaminhados para o consórcio, onde haveria uma unidade para geração de energia a partir de rejeitos. No final de 2031, estaria se iniciando a remediação e a restauração da área do aterro sanitário simplificado. Lixo Zero, coleta seletiva, compostagem de resíduos sólidos orgânicos, triagem e logística reversa de resíduos sólidos inorgânicos seriam uma realidade consolidada no Município de Goiás, no final de 2031. O consórcio intermunicipal estaria consolidado, gerando energia para a sua própria manutenção e para as indústrias recicladoras instaladas na sua área de influência. Ao longo de 12 anos, teriam sido estabelecidas relações simbióticas, que favoreceriam todos os municípios participantes do consórcio, bem como o surgimento e o fortalecimento da circularidade na Economia regional. Ainda, passados 12 anos, haveria um corpo técnico especializado à frente da gestão do consórcio, capaz de

contribuir para a discussão nacional a respeito da relação existente entre a gestão de resíduos sólidos e a Economia Circular. Ao final de 12 anos, o Município de Goiás haveria atravessado o período de transição entre a Economia Linear e a Circular, naquilo que se refere a gestão de resíduos sólidos. Ao final destes mesmos 12 anos não teria dado um salto, mas sim, construído uma ponte por intermédio do Planejamento e da Gestão Ambiental municipal, pautados pela visão preventiva. Por fim, teria cumprido etapas de um processo, orientado por uma visão da Cidade Circular.

Chega ao fim o estudo de caso. No próximo capítulo, encontra-se o relato da aprendizagem obtida ao longo da elaboração deste trabalho.



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta o relato da aprendizagem adquirida por meio desta pesquisa. Foram destacados os pontos observados na sua realização, principalmente na condução do estudo de caso. Também foram apontadas as suas limitações, para que sirva como referência para futuros estudos acadêmicos e trabalhos técnicos no campo do Planejamento e da Gestão Ambiental. Por fim, foram apresentadas sugestões para pesquisas futuras.

Um fato observado empiricamente suscitou um tema e um recorte de pesquisa. O estudo de uma teoria apontou a possibilidade de alterar este mesmo fato. A reunião destes elementos resultou em um problema que, além de ser o fio condutor da pesquisa, intitulou este trabalho.

O título propôs uma questão: **Do lixo à Economia Circular: um salto possível?**

A conversão da forma interrogativa para a afirmativa apresentou uma hipótese a ser investigada: **Do lixo à Economia Circular: um salto possível!**

Bem, admitindo-se ser possível dar o referido salto, como fazê-lo?

Em resposta, o objetivo geral deste trabalho foi definido e, para atendê-lo, o Modelo de Transição foi desenvolvido e apresentado no capítulo 5, como uma forma de saltar do lixo para a Economia Circular.

Durante o desenvolvimento do Modelo de Transição, tendo em vista a predominância da Economia Linear, constatou-se não ser possível saltar de um extremo ao outro sem passar por um período de transição. A distância entre um ponto e outro é muito grande e os processos envolvidos são muito complexos. O alcance da Economia Circular requer um período de transição, para que ocorra a busca por recursos financeiros, a implantação das tecnologias existentes, a inovação tecnológica e, o que é mais importante, a mudança de mentalidade, sem a qual não haverá transição e, menos ainda, o salto.

A avaliação do Modelo de Transição resultou em duas respostas, ambas expressas em frases compostas por dois períodos, nos quais especial atenção deve ser dada às orações subordinadas condicionais. As respostas são as seguintes:

- a) **Saltar do lixo para a Economia Circular é possível, se forem considerados apenas os aspectos tecnológicos;**
- b) **Saltar do lixo para a Economia Circular pode ser possível, se superados os aspectos culturais e financeiros.**

Como pode ser observado, em ambas as respostas o “sim” possui nuances a serem elucidadas.

Do ponto de vista tecnológico, é um “sim” incondicional. A ciência e a tecnologia encontram-se suficientemente desenvolvidas e maduras e podem proporcionar elementos para o enfrentamento da problemática dos resíduos sólidos. Há subsídios para o planejamento e para a gestão; existem boas soluções de engenharia; metodologias de projeto; técnicas construtivas e operacionais; máquinas e equipamentos para fins diversos; recursos humanos especializados; dentre outros.

A humanidade já sabe como reduzir o desperdício, como transformar resíduos sólidos em matéria-prima secundária, como convertê-los em energia nas suas diferentes formas, como recuperar materiais diversos e energia a partir de resíduos sólidos e de rejeitos aterrados e como capturar gases e líquidos combustíveis. Se não sabe tudo ainda, já sabe o suficiente para começar uma mudança. As rodas já foram inventadas! Algumas delas são conhecidas desde a Revolução Industrial e vêm sendo aprimoradas.

Paralelamente, quanto mais aplicados e testados forem os frutos deste conhecimento, maior será o esforço para aprimorá-los e barateá-los. A vocação primeira da tecnologia é superar-se, a segunda é popularizar-se.

A teoria da Economia Circular apresenta, ao mesmo tempo, um desafio e um estímulo ao desenvolvimento tecnológico.

Enquanto desafio, fala de superação em um mundo de escassez; de buscar soluções para fazer mais por menos e de limpar os ambientes. Enfim, fala de compreender e imitar a natureza, no intuito de fechar ciclos de matéria e energia. Enfrentar e vencer este desafio, por sua vez, é o estímulo à pesquisa e à inovação tecnológica.

Mirando somente os aspectos tecnológicos, afirma-se que o salto do lixão para a Economia Circular poderia ser imediato.

Porém, se o “sim” for analisado em relação aos aspectos antrópicos, as condições adversas aparecem na dimensão cultural e na econômica.

A problemática dos resíduos sólidos é sabidamente ligada a aspectos culturais, que influenciam escolhas e comportamentos de indivíduos e grupos no ciclo de produção e consumo, tanto no momento da aquisição de um produto, quanto do descarte de resíduos sólidos e rejeitos.

Esta relação entre os aspectos culturais e os resíduos sólidos ocorre concretamente nos municípios, mais notadamente nas áreas urbanas. É lá que se dá o fim da vida útil de produtos que, na condição de rejeito, terão lugar em alguma área de disposição final.

Assim sendo, embora o aspecto da geração de resíduos sólidos e rejeitos esteja localizado na fase pré-consumo, o impacto ambiental ocorre nos municípios, na fase pós-consumo e tem o munícipe como protagonista.

A aplicação do Modelo de Transição na escala do município demonstrou que, no salto do lixo para a Economia Circular, a estratégia mais importante é a segregação na fonte geradora que, por sua vez, é extremamente dependente do consumidor/gerador.

A administração pública municipal pode disponibilizar todos os meios possíveis e imagináveis para realizar a coleta seletiva, mas se este ator social não colaborar, no sentido de separar e acondicionar adequadamente os resíduos sólidos, todas as boas práticas subsequentes funcionarão abaixo da capacidade instalada, ou não funcionarão.

Desta forma, munícipes educados, dotados de sensibilidade e consciência ambiental, serão mais abertos e compreenderão melhor ideias e projetos que requerem a sua participação. Do contrário, no tocante aos aspectos culturais, haverá entraves a serem superados. Logo, urbanidade é um elemento chave para dar o salto.

Então, é preciso que haja mecanismos de sensibilização, convencimento e incentivo, a fim de ter o munícipe como parceiro da administração pública municipal. Quanto maior for a participação deste ator social, maior será a quantidade e a qualidade dos resíduos sólidos coletados, encaminhados para a destinação final e desviados das áreas de disposição final.

Naquilo que cabe ao município, o processo de gerenciamento propriamente dito se inicia na fase pós-consumo, especificamente na coleta seletiva. Se toda a infraestrutura necessária for disponibilizada e se ela for eficiente e constante, passará a ser parte integrante dos hábitos diários dos munícipes. Se apresentar bons resultados, e estes forem divulgados eficientemente, ressaltando os benefícios alcançados e entregues à coletividade, a coleta seletiva tende a ser apoiada pelos munícipes. Se for aperfeiçoada ao longo do tempo, entregará à logística reversa e à reciclagem resíduos sólidos com qualidade.

Os aspectos econômicos também podem ser um obstáculo. A implantação da infraestrutura necessária, principalmente aquela relacionada à solução consorciada proposta, requer recursos financeiros vultosos. A análise de cenário apresentada na seção 6.6.1 apresenta, além do cenário adotado, dois outros que também são possíveis, se ocorrerem um ou mais fatos com suficiente potencial de mudar os rumos da Economia. Ou seja, se a Economia entrar em recessão, dificilmente haverá recursos financeiros, públicos e privados, para investir em Saneamento Básico. Por outro lado, se a Economia entrar em ritmo de crescimento, a obtenção de recursos financeiros, inclusive privados, fica facilitada e dependendo muito mais de vontade política e recursos humanos capacitados para o gerenciamento de projetos. Logo, recursos financeiros podem ser entraves ou aceleradores da transição.

Reunindo ambas as respostas, tem-se uma solução viável, não necessariamente ótima. A solução ótima seria aquela onde a disposição final seria substituída definitivamente pela destinação final. A solução viável, passa pelo período de transição.

Se fosse possível abandonar de uma vez por todas a etapa de disposição final, a segregação na fonte geradora, a coleta seletiva, a compostagem dos RSU orgânicos, a logística reversa, a reciclagem dos RSU inorgânicos e a recuperação de energia a partir de rejeitos seriam os elementos-chave para dar o salto referido no título deste trabalho. Do ponto de vista social, em tempos onde a inteligência artificial e a quarta revolução industrial se avizinham e substituem rapidamente o trabalho humano, estas estratégias poderiam, juntas, absorver parte da mão de obra que será, em breve, alijada do mercado de trabalho.

Como isto ainda não é possível, principalmente devido aos aspectos culturais e financeiros comentados anteriormente, resta introduzir gradativamente as diretrizes e estratégias de destinação final nos sistemas de gestão e manejo de resíduos sólidos municipais e, assim, estabelecer uma ponte entre um extremo e outro, a fim de atravessar o abismo do tempo requerido para a transição da Economia Linear para a Circular e, concomitantemente, possibilitar a própria transição.

Enquanto prevalecer a Economia Linear, haverá resíduos e rejeitos nos municípios brasileiros. Enquanto a indústria produzir bens de consumo e insistir nas estratégias de obsolescência, ao invés de produzir ecoprodutos, haverá resíduos e rejeitos nos mais diversos ambientes naturais e construídos. Enquanto a população não compreender a ideia de consumo consciente e a importância de realizar a segregação de resíduos sólidos na fonte geradora, seja em seu lar ou em seu trabalho, haverá rejeitos. Enquanto os municípios não implantarem efetivamente a coleta seletiva, haverá rejeitos. Enquanto a logística reversa não for uma realidade, resíduos sólidos não serão convertidos em matéria-prima secundária e, novamente, haverá rejeitos.

Por isto, os aterros sanitários ainda são necessários no presente e ainda serão durante o período de transição da Economia Linear para a Circular. Na ausência deles, haverá mais lixões. Os aterros sanitários deixarão de existir quando não houver mais rejeitos a serem aterrados. Os rejeitos depositados nas áreas de disposição final não mais existirão quando forem convertidos em energia.

Até o presente momento, as formas conhecidas de aproveitamento de resíduos e de tratamento de rejeitos, não resultam ainda em “zero resíduo” e “zero rejeito”, respectivamente. Após os processos de aproveitamento e tratamento sempre resta uma fração, ainda que pequena, de resíduos, ou de rejeitos, ou de emissões atmosféricas, que precisam ser destinados se, e somente se, apresentarem características que permitam o aproveitamento. Caso contrário, se o material resultante dos processos não pode ser aproveitado, a disposição final em aterros é necessária. As emissões atmosféricas precisam ser controladas e, desta medida, também restam rejeitos que precisam ser destinados, ou dispostos se não podem ser aproveitados.

A eliminação definitiva dos aterros depende da completa substituição da Economia Linear pela Circular e também da evolução das tecnologias de aproveitamento e tratamento, portanto, ela é gradual e vinculada aos fatores tempo e investimento.

A implantação e a consolidação da Economia Circular, por sua vez, envolve muitos fatores e as esferas mais altas de poder. Destaca-se nas alíneas abaixo, três deles identificados como muito importantes e que poderiam ter um grande impacto no ritmo da transição e na adoção dos princípios da Economia Circular. Ressalta-se que estes três fatores são interdependentes e influenciam uns aos outros. São eles:

- a) determinação governamental: mudanças requerem a implantação de bons instrumentos políticos. Podem ser empregados para promover a transição os seguintes instrumentos: legais, como leis e decretos; regulatórios, como normas e padrões; econômicos, como impostos e subsídios; voltados para a promoção da pesquisa e da Educação; de cooperação, como transferência de tecnologia; e de comunicação, como a rotulagem ambiental;
- b) esforços por parte do setor industrial: se estes atores sociais não se envolverem na transição da Economia Linear para a Circular, dificilmente os resíduos sólidos e os rejeitos serão eliminados dos sistemas urbano-industriais. Conforme abordado, o design de produtos e os processos produtivos precisam ser modificados. Para envolver o setor industrial é preciso, além de uma determinação clara por parte do mesmo, medidas de incentivo relacionadas à adoção de tecnologias limpas e ao desenvolvimento de inovação tecnológica;
- c) tecnologia: desempenha um papel importante na transição, porque oferece elementos concretos para efetivar os princípios da Economia Circular. A conversão de resíduos sólidos em recursos implica na adoção de tecnologias inovadoras.

Se comparada com a linearidade, a circularidade é bem mais complexa, porque exige uma abordagem sistêmica e envolve muitos elementos e interações. Em um sistema circular perfeito haverá muita diversidade e interdependência e é isto que cria a resiliência. Percebeu-se que os fluxos de resíduos sólidos, bem como os de rejeitos, e as tecnologias de processamento podem ser combinados entre si de maneiras diferentes. Ainda, que a eficiência de uma tecnologia não pode ser medida somente pela sua sofisticação. Tanto tecnologias simples e baratas, quanto tecnologias avançadas e caras, podem ser empregadas, a depender das características dos resíduos sólidos e dos rejeitos, da escala territorial, dos recursos humanos e

financeiros envolvidos e dos aspectos físicos e bióticos que suportam determinado empreendimento ou sistema.

Acima de tudo, percebeu-se que a implantação da circularidade depende de uma aspiração comum e da constituição de redes, nas quais estejam envolvidos: os três níveis de governo, os diversos atores sociais e, principalmente, mentes abertas para novas possibilidades.

Destaca-se que a teoria da Economia Circular descortina um vasto campo de pesquisa em diferentes áreas do conhecimento. Esta percepção ficou bastante clara durante o desenvolvimento do partido geral do Modelo de Transição, descrita na seção 5.2, especificamente na análise dos ciclos e dos fluxos de produtos, resíduos sólidos e rejeitos. A pesquisa realizada neste trabalho limitou-se ao recorte temático, ou seja, ela é somente uma pequena contribuição, se comparada a este universo de possibilidades.

Por este motivo, estudos futuros podem ser realizados, como por exemplo: (I) aplicar o Modelo de Transição na fase pré-consumo do ciclo de produção e consumo, abordando diferentes atores e processos produtivos; (II) aplicar o Modelo de Transição na fase de consumo do ciclo de produção e consumo, abordando diferentes atores e a circulação de produtos; (III) mapear processos produtivos e fluxos de serviços, na intenção de torná-los circulares; (IV) mapear fluxos de produtos, de resíduos (sólidos, líquidos e semissólidos) e de rejeitos, buscando identificar o potencial circular; dentre outros.

Há também espaço para a realização de eventos, cuja finalidade seja discutir e divulgar a teoria da Economia Circular e as suas aplicações; para a criação de grupos de pesquisa; e para a condução de pesquisas acadêmicas no nível da graduação e da pós-graduação.

Neste trabalho, especificamente, caberia ainda uma análise da viabilidade econômica do Plano de Ação para os RSU no Município de Goiás. Entretanto, além de não fazer parte do escopo, falta à autora a necessária formação e o conhecimento aprofundado na área de Economia e Ciências Contábeis. Portanto, fica a sugestão para pesquisadores que detêm o conhecimento nestas áreas e se sintam atraídos pelo tema.

Ressalta-se, por fim, que a contribuição deste trabalho não está em apresentar uma solução tecnológica inovadora, mas sim, em reunir soluções diversas e conhecidas em um modelo de referência para o campo do Planejamento e da Gestão Ambiental – a classe de problemas identificada neste trabalho.

Encerra-se aqui! Nas próximas páginas encontra-se a lista das referências bibliográficas empregadas, que muitíssimo contribuíram para esta realização.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. A sociedade urbano-industrial e o metabolismo urbano. **Princípios**, São Paulo, n. 71, p. 54-57, nov./dez./jan. 2004.

AB'SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. In: MODENESI-GAUTTIERI, M. C. **A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. São Paulo: Beca-BALL, 2010. p. 329-333.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Codificação de bacias hidrográficas pelo método Otto Pfafstetter**. Brasília: ANA, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2008.

AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222, de 28 de março de 2018. **ANVISA**, 2018. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/371442>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

ALHO, C. J. R.; MARTINS, E. D. S. **De grão em grão, o cerrado perde espaço: cerrado, impactos do processo de ocupação**. Brasília: WWF, 1995.

ALMEIDA, L. D. **Hidrogeologia do Estado de Goiás**. Goiânia: Secretaria de Indústria e Comércio de Goiás; Superintendência de Geologia e Mineração, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Estimativa dos custos para viabilizar a universalização da destinação adequada de resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: Norma Brasileira (NBR) nº 10004, de 31 de maio de 2004: Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIATION OF BUSINESS PROCESS MANAGEMENT PROFESSIONALS. **BPM CBOOK V3.0**. 1. ed. [S.l.]: ABPMP Brasil, 2013.

BALLOU, R. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos:** logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório de inflação**, Brasília, v. 21, nº1, mar. 2019.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **O crescimento da Economia brasileira 2018-2023**. Brasília: BNDES, 2018.

BARROS, R. T. D. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BENYUS, J. **Biomimética**. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 2003.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências, 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 20 jun. 2017.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 20 jun. 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, 2010a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 20 jun. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010**. Institui o Programa Pró-Catador, 2010b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7405.htm>. Acesso em: 10 mai. 2019.

BRAUNGART, M.; MCDONOUGH, W. **Cradle to Cradle:** criar e reciclar ilimitadamente. 1. ed. São Paulo: Gustavo Gili Brasil, 2014.

BUNGE, M. **Teoria e realidade**. São Paulo: Perspectiva, 1974.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. Atividade Legislativa. Projetos de Lei e Outras Proposições. Projeto de Lei nº 2289/2015. **Câmara dos Deputados**, 2018. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1555331>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CAPRA, F. **Alfabetização Ecológica:** a educação das crianças para um mundo sustentável. São Paulo: Cultrix, 2006.

- CATAKI. O aplicativo da reciclagem. **Cataki**, 2017. Disponível em: <<http://www.cataki.org/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- CRANFIELD UNIVERSITY; DEUTSCHE POST DHL GROUP. **Waste not, want not: capturing the value of the Circular Economy through reverse logistics**. Cranfield: CE100, 2016.
- CIRCLE ECONOMY. **Circular Glasgow: a vision and action plan for the city of Glasgow**. Glasgow. Glasgow: Chamber of Commerce, 2016.
- CLIFT, R.; DRUCKMAN, A. **Taking Stock of Industrial Ecology**. 1. ed. Guildford: Springer open, 2016. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7>
- COMISSÃO MUNDIAL SOBRE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. São Paulo: CETESB/GTZ, 1999.
- COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Fichas técnicas. **CEMPRE**, 2018. Disponível em: <<http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. CNM divulga pesquisa sobre o cumprimento da Lei de Resíduos Sólidos. **CNM**, 2014. Disponível em: <<http://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/cnm-divulga-pesquisa-sobre-o-cumprimento-da-lei-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. Política Nacional de Resíduos Sólidos é destaque na Roda de Conhecimento. **CNM**, 2018. Disponível em: <<https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/politica-nacional-de-residuos-solidos-e-destaque-na-roda-de-conhecimento>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **CONAMA**, 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- COSTA, A. Comurg aproveita troncos de árvores para fabricar móveis em Goiânia. **A redação**, 2014. Disponível em: <<https://www.aredacao.com.br/noticias/42946/comurg-aproveita-troncos-de-arvores-para-fabricar-moveis-em-goiania>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

- COSTA, M. M. D. **Avaliação do patrimônio natural do Município de Goiás (GO) e sua potencialidade turística**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia; Instituto de Estudos Socioambientais (IESA); Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.
- D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); Compromisso Empresarial Para Reciclagem (CEMPRE), 2000.
- DALY, H. **Beyond Growth: the Economics of Sustainable Development**. 1. ed. Boston: Beacon Press, 1996.
- DALY, H.; FARLEY, J. **Economia Ecológica**. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2016.
- DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 88-93, mai./jun. 1995. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000300010>
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science Research: método de Pesquisa Para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.
- DUTCH MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS. Towards Adaptive Circular Cities: Concepts for a sustainable urban environment. **Adaptive Circular Cities**, 2015. Disponível em: <<http://www.adaptivecircularcities.com/>>. Acesso em: 20 dez. 2017.
- D-WASTE. Waste Atlas. **atlas.d-waste**, 2018. Disponível em: <<http://www.atlas.d-waste.com/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- ECHENIQUE, M. Modelos: una discusión. In: Martin, L.; March, L.; Echenique, M. **La estructura del espacio urbano**. Barcelona: Gustavo Gili, 1975.
- EIGENHEER, E. M. **Lixo: a limpeza urbana através dos tempos**. Porto Alegre: Gráfica Pallotti, 2009.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy: economic and business rationale for an accelerated transition**. Cowes: Founding Partners of the Ellen MacArthur Foundation, v. 1, 2012.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Cities in the Circular Economy: an initial exploration**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2017.

- EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO. Agência Brasil. **EBC**, 2018. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2018-02/usina-passa-produzir-biogas-partir-de-residuos-organicos-e-lodo>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2018**: Ano base 2017. Rio de Janeiro: EPE, 2018.
- ESPON. **Pathways to a circular economy in cities and regions**. Lille: ESPON; Interact; Interreg Europe; URBACT, 2016.
- ESTADÃO. Lá vai o Sujismundo. **Reclames do Estadão**, 2012. Disponível em: <<https://www.estadao.com.br/blogs/reclames-do-estadao/la-vai-o-sugismundo/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- ESTADO DE GOIÁS. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Goiânia: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Cidades, Infraestrutura e Assuntos Metropolitanos (SECIMA); Fundação de Apoio à Pesquisa da Universidade Federal de Goiás (FUNAPE/UFG), 2015.
- EUROPEAN PARLIAMENTARY RESEARCH SERVICE. **Towards a circular economy: waste management in the EU**. Bruxelas: STOA, 2017.
- FEDERAÇÃO DA INDÚSTRIA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Na Fiesp, especialistas discutem como lidar com resíduos sólidos urbanos. **FIESP**, 2016. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/noticias/na-fiesp-especialistas-discutem-como-lidar-com-residuos-solidos-urbanos/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- FEHR, M. The Dynamic Nature of MSW Management. **Journal of Environmental Systems**, 27, 1 jul. 1999. 1-13. <https://doi.org/10.2190/9J1F-8TVX-C987-GCR8>
- FEHR, M. Ten facts to guide municipal waste management thinking. **Waste Management & Research**, Viena, 2015. 853-854. <https://doi.org/10.1177/0734242X15589784>
- FEHR, M. [correspondência]. Destinatário: Rosângela Mendanha da Veiga. Goiânia, 5 dez. 2018. Notas de orientação (anexo de e-mail). Acesso em: 6 dez. 2018.
- FÉLIX, B. Poeira, poesia e fé. Conheça o percurso do Caminho de Cora Coralina que passa por oito cidades históricas. **O Popular**, 14 abr. 2018. Disponível em: <<https://www.opopular.com.br/editorias/magazine/poeira-poesia-e-f%C3%A9-1.1504621>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- FIKSEL, J. **Design for environment: creating eco-efficient products and processes**. New York: McGraw-Hill, 1996.

- GEMEENTE AMSTERDAM. **Circular Amsterdam**: a vision and action agenda for the city and metropolitan area. Amsterdam: Circle Economy; TNO; FABRIC, 2016.
- GEMEENTE AMSTERDAM. Buiksloterham: duurzame herontwikkeling tot werk- én woongebied. **Gemeente Amsterdam**, 2018. Disponível em: <<https://www.amsterdam.nl/projecten/buiksloterham/>>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. **The entropy law and the economic process**. Lincoln: iUniverse, 1999.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. Ecological Footprint. **Global Footprint Network**, 2017. Disponível em: <<http://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/>>. Acesso em: 20 jun. 2017.
- GOIÁS TURISMO. Mapas e trechos. **Caminho de Cora Coralina**, 2018. Disponível em: <<http://caminhodecoracoralina.com.br/trechos/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- GOOGLE. Google Maps. **Goiás-GO**, 2019a. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- GOOGLE. Google Earth. **Goiás-GO**, 2019b. Disponível em: <<https://earth.google.com/web>>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, H. **Capitalismo Natural**: criando a próxima revolução industrial. 1. ed. São Paulo: Cultrix, 2000.
- ICONS8. Icons. **Icons8**, 2019. Disponível em: <<https://icons8.com>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010**: Características da População e dos Domicílios - Resultados do Universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2010a.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**: 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agro 2017: resultados preliminares. **IBGE**, 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html>. Acesso em: 10 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas da população. **IBGE**, 2018a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. SIDRA - banco de tabelas estatísticas. **IBGE**, 2018b. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/territorio#/N10/IN%20N6%205208905>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades. **IBGE**, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/goias/panorama>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Travessias**: uma aventura pelos parques nacionais do Brasil. 1. ed. Brasília: ICMBio, 2018.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Banco de dados estatísticos de Goiás. **IMB**, 2016. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/bde/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Estatísticas - painel municipal. **IMB**, 2018a. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=313>. Acesso em: 10 jan. 2019.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Estatísticas - perfil dos municípios goianos. **IMB**, 2018b. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14&Itemid=218>. Acesso em: 10 jan. 2019.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Estatísticas - projeção da população. **IMB**, 2018c. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1211:proje%C3%A7%C3%A3o-da-popula%C3%A7%C3%A3o-goiana-2011-2020-idade-e-sexo&catid=225&Itemid=188>. Acesso em: 10 jan. 2019.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. Mapas. **IMB**, 2018d. Disponível em:

<<http://www.imb.gov.br/down/mapas/regioes%20de%20planejamento/noroeste.jpg>>.

Acesso em: 10 jan. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Reforma agrária. **INCRA**, 2019. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/reforma-agraria/questao-agraria/reforma-agraria/projetos_criados-geral.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. O que é cogeração. **Instituto Nacional de Eficiência Energética**, 2017. Disponível em:

<http://www.inee.org.br/forum_co_geracao.asp?Cat=gd>. Acesso em: 20 jun. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Gráficos climatológicos. **INMET**, 2019. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Circular Economy**: trends and emerging ideas. Viena: Kempley Green Consultants; ISWA, 2015a.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Circular Economy**: cycles, loops and cascades. Viena: Technical University Vienna; ISWA, 2015b.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Circular Economy**: closing the loops. Viena: University of Leeds; ISWA, 2015c.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Circular Economy**: carbon, nutrients and soil. Viena: Carbon Clarity; ISWA, 2015d.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Circular Economy**: energy and fuels. Viena: Ramboll; ISWA, 2015e.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **Circular Economy**: resources and opportunities. Viena: ISWA, 2015f.

JONES, P. T. et al. Enhanced Landfill Mining in view of multiple resource recovery: a critical review. **Journal of Cleaner Production**, 55, 15 set. 2013. 45-55.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.05.021>

LANSINK, A. De man van de ladder. **Ad Lansink's Website**, 2018. Disponível em: <http://www.adlansink.nl/?page_id=611>. Acesso em: 10 jan. 2018.

- LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: Secretaria de Indústria de Comércio de Goiás; Superintendência de Geologia e Mineração, 2006.
- LEER, J. V. D. **Zero Waste Buiksloterham: an Integrated Approach to Circular Cities**. 2016. MSc thesis (MSc Architecture, Urbanism and Building Sciences) Department of Urbanism; Delft University of Technology, Amsterdam, 2016.
- LEMOS, C. **O que é arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, v. 2, 1982.
- LIMA, J. D. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. João Pessoa: edição do autor, 2000.
- LINDNER, P.; MOOIJ, C.; ROGERS, H. **Circular Economy in cities around the world: a selection of case studies**. Karlskrona: Blekinge Institute of Technology, 2017.
- MAGERA, M. **Os caminhos do lixo: da obsolescência programada à logística reversa**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2017.
- MAIA, T. **Vila Boa de Goiás**. São Paulo: Nacional, 1979.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1990.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2016.
- MAY, P. **Economia Do Meio Ambiente: teoria e prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- MEADOWS, D. et al. **Limites do crescimento: um relatório para o projeto do clube de Roma sobre o dilema da humanidade**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1978.
- MEDEIROS, C. A. B.; CARVALHO, F. L. C.; STRASSBURGER, A. S. **Transição agroecológica: construção participativa do conhecimento para a sustentabilidade - resultados de atividades 2009/2010**. Brasília: Embrapa, 2011.
- MENDONÇA, F. **Cimatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.
- MENEZES, P. D. C. E. Caminho de Cora Coralina: entre a exuberância natural e construções históricas. **O ECO**, 22 jul. 2018. Disponível em: <<https://www.oeco.org.br/colunas/pedro-da-cunha-e-menezes/caminho-de-cora-coralina-entre-a-exuberancia-natural-e-construcoes-historicas/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: synthesis**. Washington: Island Press, 2005.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Cursos Sequenciais no Ensino Superior. **Ministério da Educação**, 1998. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1998/pces968_98.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Guia para elaboração de planos municipais de Saneamento Básico**. 2. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011a.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Peças técnicas relativas a Planos Municipais de Saneamento Básico**. 1. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2011b.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2017. Planilhas. Tabela de indicadores. **SNIS**, 2017a. Disponível em:

<<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos/diagnostico-rs-2017>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2017**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento (SNS); Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2017b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: MMA, 2012a.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília: MMA/ICLEI-Brasil, 2012b.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano simplificado de gestão integrada de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cidades sustentáveis. Resíduos sólidos. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Contexto e principais aspectos. **MMA**, 2019a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/contextos-e-principais-aspectos>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cidades sustentáveis. Resíduos sólidos. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Linha do tempo. **MMA**, 2019b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos/linha-do-tempo>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

- MIZIARA, R. Por uma história do lixo. **InterfaceEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, São Paulo, v. III, n. 1, p. 1-17, jan./abr. 2008. ISSN 1980-0894.
- MONTEIRO, J. H. P. **Gestão integrada de resíduos sólidos: manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. 15. ed. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- MOREIRA, M. L. O. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal: texto explicativo do mapa geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.
- MOREIRA, M. S. **Estratégia e implantação do sistema de gestão ambiental (modelo ISO 14000): referência versão 2004 da NBR ISO 14001**. Nova Lima: Falconi, 2013.
- MUNICÍPIO DE CURITIBA. Coleta de lixo. **Curitiba**, 2018. Disponível em: <<http://coetalixo.curitiba.pr.gov.br/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.
- MUNICÍPIO DE GOIÁS. Lei Municipal nº 206, de 29 de agosto de 1996. Estabelece o Plano Diretor do Município de Goiás. **Prefeitura Municipal de Goiás**, 1996. Disponível em: <http://www.prefeituradegoias.go.gov.br/publicacoes/leis/plano_diretor.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- MUNICÍPIO DE GOIÁS. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Goiás – GO: produto c - diagnóstico técnico participativo**. Goiânia: IFG/FUNASA; Prefeitura Municipal de Goiás, 2018.
- MUNICÍPIO DE GOIÁS. Publicações de Leis. **Prefeitura de Goiás**, 2019. Disponível em: <<http://www.prefeituradegoias.go.gov.br/publicacoes-de-leis/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- NEO MONDO. "Tinder da reciclagem" facilita "match" entre cidadãos e catadores. **Portal Neo Mondo**, 2018. Disponível em: <<http://www.neomundo.org.br/2018/03/11/tinder-da-reciclagem-facilita-match-entre-cidadaos-e-catadores/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- ODUM, E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2006.
- PALACÍN, L. **História de Goiás (1722-1972)**. 7. ed. Goiânia: UCG; Vieira, 2008.
- PALHARES, J. C. P.; GEBLER, L. **Gestão ambiental na agropecuária**. Brasília: Embrapa, 2014.

- PALHARES, J. C. P. **Consumo e produção responsáveis**: contribuições da Embrapa. Brasília: Embrapa, 2018.
- PASSOS, E. C. D. **Goyaz**: de arraial a patrimônio mundial. Goiânia: Kelps, 2018.
- PAULI, G. **The blue economy**: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs. Taos: Paradigm Publications, 2010.
- PEREIRA, G. R.; SANT'ANNA, F. S. P. **Produção mais Limpa no Brasil**: subsídios para implantação. Curitiba: Appris, 2018.
- PRENDEVILLE, S.; CHERIM, E.; BOCKEN, N. Circular Cities: Mapping Six Cities in Transition. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, 10 abr. 2017.
<https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.03.002>
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998.
- RIZZO, J. A. A vegetação da cidade de Goiás e redondezas. **Jornal Diário da Manhã**, Goiânia, 20 out. 2008.
- ROCHA, S. D. F.; LINS, V. D. F. C.; SANTO, B. C. D. E. Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 1-10, Mar 2011. ISSN 1413-4152. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522011000100003>
- RSA. **The Great Recovery**, 2012. Disponível em: <<http://www.greatrecovery.org.uk/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.
- SACHS, I. **Ecodesenvolvimento**: crescer sem destruir. São Paulo: Vértice, 1986.
- SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. **Cadernos de desenvolvimento e meio ambiente**, 1994. n. 1, 47-62.
- SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impactos ambientais**: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- SANDRONI, P. **Novíssimo dicionário de economia**. 2. ed. São Paulo: Best Seller, 1999.
- SANTOS, M. S. C. D. **Projeto gráfico de placas educativas**. Goiânia: IFG, 2018.
- SCHIANETZ, B. **Passivos ambientais**. Curitiba: SENAI, 1999.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, RECURSOS HÍDRICOS, INFRAESTRUTURA CIDADES E ASSUNTOS METROPOLITANOS. Unidade de Conservação em Goiás. **SECIMA**, 2018. Disponível em:

<<http://www.secima.go.gov.br/component/content/article/118-meio-ambiente/unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o/1082-unidade-de-conserva%C3%A7%C3%A3o-em-goias.html?Itemid=101>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

SENADO FEDERAL. Atividade legislativa. Projeto de Lei do Senado nº 425 de 2014.

Senado Federal, 2018. Disponível em:

<<http://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/119536>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

SENGE, P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. Rio de Janeiro: Best Seller, 2005.

SIERRA, C. A. S.; BARRIOS, R. L. A.; MORALES, J. D. C. J. Minería de relenos sanitarios como alternativa de gestión para residuos sólidos. **Producción + Limpia**, 9, jan.-jun. 2014. 115-123. <https://doi.org/10.22507/pml.v9n1a9>

SILVA, R. O. D. **Teorias da administração**. São Paulo: Pioneira, 2001.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

SPADOTTO, C. A.; RIBEIRO, W. C. **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. Botucatu: FEPAF, 2006.

STAHEL, W. **The Performance Economy**. 2. ed. London: Palgrave Macmillan, 2010. <https://doi.org/10.1057/9780230288843>

STIVAL, L. T. **As políticas públicas de gestão ambiental e sua relação com os princípios da Economia Circular**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Saneamento Ambiental) Coordenação de Engenharia Ambiental e Sanitária, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2018.

TCHOBANOGLIOUS, G. **Integrated solid waste management: engineering principles and management issues**. New York: McGraw-Hill, 1993.

UNITED NATIONS, DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, POPULATION DIVISION. **World Population Prospects: the 2017 revision, key findings and advance tables**. New York: United Nations, 2017.

VEIGA, R. M. D. **Ilustrações elaboradas pela autora**. Goiânia, 2019.

VEJA SÃO PAULO. Os maus exemplos do Sujismundo. **Memória**, 2018. Disponível em: <<https://vejasp.abril.com.br/blog/memoria/os-maus-exemplos-do-sujismundo/>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

WORLD BANK. What a waste: a Global Review of Solid Waste Management. **Urban Development Series**, Washington, mar. 2012.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Living Planet Report 2016: Risk and resilience in a new era**. Gland: WWF International, 2016.

YIN, R. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.