



Universidade Federal
do Rio de Janeiro
Escola Politécnica

PANORAMA E ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COLETADOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Mateus Amaral da Silva

Victor Becker Tavares

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Elen Beatriz Acordi
Vasques Pacheco

Rio de Janeiro

Março de 2018

PANORAMA E ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COLETADOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Mateus Amaral da Silva e Victor Becker Tavares

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Examinado por:

Prof^a. Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, D.Sc.,

Prof. Claudio Fernando Mahler, D.Sc.,

Prof. Diego Luiz Fonseca, M.Sc.,

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Março de 2018

da Silva, Mateus Amaral

Tavares, Victor Becker

Panorama e Análise dos Resíduos Sólidos Coletados em Instituições de Ensino Superior/ Mateus Amaral da Silva e Victor Becker Tavares. – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2018.

VII, 97 p.: il. 21; 29.7cm

Orientadora: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Projeto de Graduação – UFRJ/ POLI/ Curso de Engenharia Ambiental, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 83-88.

1. Resíduos Sólidos Recicláveis; 2. Recicla CT; 3. Universidades; I. Pacheco, Elen Beatriz Acordi Vasques II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Ambiental. III. Panorama e análise dos resíduos sólidos coletados em instituições de ensino superior

“Conquistas sem riscos são sonhos sem méritos. Ninguém é digno dos sonhos de não usar as derrotas para cultivá-los.”

Augusto Cury

Agradecimentos

Agradeço, primeiro, a Deus por tudo que tenho vivido, que vem me ensinando e fortalecendo cada vez mais. Agradeço à toda minha família, meus irmãos César e Leticia e meus pais Sandra e Roney, que nunca me faltaram no amor, carinho, sabedoria e conselhos que sempre me deram, sendo eles os principais personagens para chegar aonde eu cheguei. Agradeço a minha namorada, Raíssa, que entrou na minha vida no final desta jornada acadêmica, pelo amor, carinho, paciência e incentivo que só ela pôde me proporcionar. Foi um caminho longo, de muitos anos, recheado de emoções e aprendizados. Apesar de dificuldades, nunca desisti de chegar aonde estou chegando. Iniciei o projeto da minha carreira na Universidade de Brasília, onde cursei por pouco tempo. Transferi para UFRJ e conheci novos amigos que têm sido essenciais para a minha vida como um todo. Agradeço ao André, Guilherme, Jun e minha dupla Mateus, o velho grupo “CoinGamez”, que me apoiaram, estudamos e curtimos juntos o que a universidade tinha a oferecer. Agradeço à UFRJ: pelos funcionários, que me permitiram ingressar nessa magnífica universidade; pelos inúmeros professores que transmitiram conhecimentos valiosos e se dedicaram ao máximo para nos ajudar a crescer e concluir este curso, em especial minha orientadora Elen, que me recebeu como colaborador de projeto e acreditou no que eu poderia oferecer; e pela oportunidade de intercâmbio que esta universidade pôde me oferecer pela sua grandeza. Obrigado a todos vocês, que, de alguma forma, contribuíram para meu amadurecimento e aprendizado, preparando-me para um futuro que certamente será de novas conquistas.

Victor Becker Tavares

Eu, Mateus Amaral, gostaria de agradecer primeiramente à nossa querida orientadora Elen que nos ajudou demais na realização deste trabalho, sempre estando disponível através de muitas reuniões e e-mails trocados. Em segundo, agradecer pela maravilhosa família da qual tenho muita sorte por fazer parte, com um agradecimento especial à minha mãe Márcia e ao meu irmão Diogo que são os grandes e únicos responsáveis por tudo que tenho e sou hoje e, além de todo amor e apoio que me dão, me orgulham e me inspiram. Agradeço a oportunidade que tive de estudar na UFRJ e, dentro dela, conhecer pessoas maravilhosas como meus melhores amigos André Porto, Guilherme Alves, Jun Fujise e minha dupla Victor Becker. Muito obrigado!

Mateus Amaral da Silva

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/UFRJ como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

PANORAMA E ANÁLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS COLETADOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR

Mateus Amaral da Silva e Victor Becker Tavares

Março/2018

Orientador: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Curso: Engenharia Ambiental

A geração de resíduos sólidos é presente também nas universidades e necessitam de uma destinação correta para que não cause impactos negativos sociais, ambientais e econômicos. Algumas universidades já apresentam propostas, estudos ou programa de gestão de resíduos para maior sustentabilidade ambiental, como é o caso da Universidade Federal do Rio de Janeiro com o seu Programa Recicla CT, que conta com um sistema implantado de coleta seletiva. O presente trabalho analisou a geração e caracterização de resíduos sólidos recicláveis secos em ambientes universitários brasileiros e estrangeiros, cuja publicidade de tais informações se deu em artigos acadêmicos. Os dados sobre as caracterizações dos resíduos das universidades foram comparados considerando fatores relevantes à geração como o crescimento da população acadêmica, o calendário escolar, greves, clima da região e a economia local. Verificou-se que há um padrão de produção média de materiais recicláveis, considerando todas as instituições de ensino superior, com maior geração de papel (53%), seguido de plástico (24%), metal (5%) e, por último, vidro (5%). Há, ainda, outros materiais com potencial de reciclagem que constituem a categoria denominada de “outros” (13%), como o Tetrapak® (4%). Também foi feita uma análise comparativa da composição de resíduos da UFRJ com a do município do Rio de Janeiro, cidade onde a universidade está localizada. Observou-se maior geração de plástico (41%), seguida de papel (34%) e uma quantidade baixa de metal (3%) na Cidade do Rio de Janeiro. O papel é o mais gerado no ambiente acadêmico, logo esforços para sua redução devem ser prioritários.

Palavras Chave: Resíduos Sólidos, Caracterização, Instituições de ensino superior

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Environmental Engineer.

PANORAMA AND ANALYSIS OF SOLID WASTE COLECTED IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Mateus Amaral da Silva e Victor Becker Tavares

March/2018

Advisor: Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco

Course: Environmental Engineering

The generation of solid waste is also present in universities and it requires a correct destination in order to avoid negative social, environmental and economic impacts. Some universities have already presented proposals, studies or waste management programs for greater environmental sustainability, such as the Universidade Federal do Rio de Janeiro with its selective collection system, Recicla CT. The present project analyzed the generation and characterization of recyclable solid waste in Brazilian and foreign academic environments, of which publicity of such information was given in scientific papers. Data on the characterization of the university residues were compared considering factors that should be relevant to generation such as academic population growth, school calendar, strike, climate of the region and local economy. It was verified that there was a standard of average production of recyclable materials, considering all higher education institutions, with higher generation of paper (53%), followed by plastic (24%), metal (5%) and glass (5%). There were also varied materials with recycling potential that constitute the category named "other" (13%), including for instance Tetrapak® (4%). A comparative analysis was also realized of the residue composition of UFRJ with that of the Rio de Janeiro city, where the university is located. It was observed a higher generation of plastic (41%), followed by paper (34%) and a low amount of metal (3%) in the City of Rio de Janeiro. Paper is the most generated material in an academic environment; therefore, efforts to reduce must be a priority.

Keywords: Waste, Recyclable, Characterization, Universities

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	8
3. MOTIVAÇÃO DO ESTUDO	9
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
4.1 Gestão de resíduos sólidos em instituições de ensino superior	10
4.2 Estudos sobre resíduos sólidos gerados em instituições de ensino superior.....	11
4.2.1 <i>Procedimentos para realização de análise gravimétrica dos resíduos sólidos.....</i>	<i>14</i>
4.2.2 <i>Composição dos resíduos sólidos recicláveis gerados em instituições de ensino superior e sua destinação</i>	<i>19</i>
5. METODOLOGIA	23
5.1 Obtenção dos dados sobre resíduos sólidos recicláveis em instituições de ensino superior.....	23
5.2 Comparação entre os resíduos das instituições de ensino superior	24
5.3 Descrição do cenário do Projeto Recicla CT na UFRJ	29
5.3.1 <i>Discussão e análises dos resíduos sólidos no CT/UFRJ.....</i>	<i>31</i>
5.3.2 <i>Comparação entre os resíduos coletados no CT/UFRJ aos do município do Rio de Janeiro.....</i>	<i>36</i>
5.3.3 <i>Estimativas futuras de coleta de resíduos recicláveis no CT/UFRJ</i>	<i>36</i>
5.3.4 <i>Análise comparativa entre resíduos do CT/UFRJ e de outras universidades</i>	<i>41</i>
6. RESULTADOS.....	41
6.1 Análises de casos de estudo sobre resíduos recicláveis gerados em instituições de ensino superior no Brasil e em outros países.....	41
6.2 Discussão sobre os resíduos sólidos recicláveis coletados no CT/UFRJ	51
6.2.1 <i>Análises dos resíduos sólidos coletados no CT/UFRJ</i>	<i>53</i>
6.2.2 <i>Análise comparativa de resíduos do CT/UFRJ e do município do Rio de Janeiro</i>	<i>64</i>
6.2.3 <i>Estimativas futuras de coleta de resíduos recicláveis no CT/UFRJ</i>	<i>66</i>
6.2.4 <i>Análise de resíduos do CT/UFRJ e de outras universidades</i>	<i>77</i>
7. ANÁLISE CRÍTICA E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
8. RECOMENDAÇÕES, PROPOSTAS E NOVOS ESTUDOS.....	80
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83
10. ANEXOS	89

ANEXO I: DADOS OBTIDOS DAS QUANTIDADES DE TODOS OS RESÍDUOS DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS ANALISADOS.....	89
ANEXO II: QUANTIDADE ANUAL DE RESÍDUOS ENCAMINHADOS AO CENTRO DE TRIAGEM DO RECICLA CT 2010 – 2016	92
ANEXO III: FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA E PESAGEM DE RESÍDUOS DO RECICLA CT – UFRJ	93
ANEXO IV: DADOS OBTIDOS E MANIPULADOS DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS ANALISADOS.....	94
ANEXO V: QUANTIDADE ANUAL DE RESÍDUOS COLETADOS PELA COMLURB, DE 2010 A 2016.....	95
ANEXO VI: ESTIMATIVAS FUTURAS DE QUANTIDADES COLETADAS DE RESÍDUOS, 2016 – 2036, RECICLA CT/UFRJ.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma dos procedimentos gerais de análise gravimétrica segundo norma ABNT e ASTM.....	14
Figura 2 - Composição média de resíduos e rejeitos das instituições de ensino superior conforme classificação dos autores	20
Figura 3 - Mapa <i>mundi</i> dividido na Linha do Equador e os Trópicos com a localização das IES estudadas	28
Figura 4 - Localização do Centro de Tecnologia (CT) – UFRJ na Ilha do Fundão/RJ	29
Figura 5 - Percentual mássico da composição de resíduos recicláveis de diferentes universidades	42
Figura 6 – Padrão de geração: percentual mássico médio (%) dos materiais recicláveis em instituições de ensino superior. A barra de erro representa o respectivo desvio padrão.	47
Figura 7 - Percentual mássico de plástico e as temperaturas médias das cidades onde estão localizadas as universidades.....	50
Figura 8 – Quantidades médias em quilogramas e percentual mássico (%) dos materiais recicláveis enviados ao Centro de Triagem do Recicla CT/UFRJ de 2010 – 2016.....	52
Figura 9 – Quantidade total de cada material reciclável coletado pelo Recicla CT/UFRJ de 2010 – 2016.....	53
Figura 10 - Evolução da população de alunos de graduação com matrícula ativa na UFRJ	54
Figura 11 - Relação do crescimento populacional e coleta de resíduos no CT/UFRJ	56
Figura 12 - Variação anual da quantidade de resíduos coletados no CT/UFRJ entre 2007 – 2016	58
Figura 13 – Quantidade total de resíduos coletados mensalmente de 2010 a 2016.....	59
Figura 14 - Soma das quantidades de resíduos coletados mensalmente de 2010 a 2016	60
Figura 15 - Ordem decrescente da composição mássica (%) por mes de plástico coletado no CT/UFRJ na série histórica (2010 - 2016)	62
Figura 16 - Relação do PIB <i>per capita</i> municipal (RJ) e a quantidade coletada de resíduos no CT/UFRJ.....	64
Figura 17 – Percentual mássico dos materiais recicláveis, exceto os putrescíveis, no município do Rio de Janeiro e no CT/UFRJ, de 2010 – 2016.	65
Figura 18 - Resultados das projeções populacionais para o CT/UFRJ obtidos pelos métodos matemáticos aritmético, geométrico e de curva logística segundo SOBRINHO & TSUTIYA, 2011.	71
Figura 19 - Estimativa de massa total de resíduos no período futuro de 2017 – 2036	74
Figura 20 - Histórico da evolução de geração estimada de resíduos recicláveis, em toneladas (t)	76
Figura 21 - Comparação dos padrões de geração da UFRJ e da média das universidades brasileiras e estrangeiras	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de universidades brasileiras e estrangeiras com estudos publicados sobre geração de resíduos sólidos	12
Tabela 2 - Descrição das metodologias adotadas de análise gravimétrica em instituições de ensino superior brasileiras	16
Tabela 3 - Descrição das metodologias adotadas de análise gravimétrica em instituições de ensino superior de outros países.....	17
Tabela 4 - Destinação de resíduos nas instituições de ensino superior brasileiras e de outros países analisadas	22
Tabela 5 - Cálculo da variação anual média (%) do número total de alunos de graduação da UFRJ	32
Tabela 6 - Procedimentos para estimar o número total de graduandos da UFRJ e do CT; e a população total do CT.....	33
Tabela 7 - Métodos matemáticos de projeção de população de projeto	37
Tabela 8 - Pesquisas sobre estimativa de geração de resíduos sólidos	40
Tabela 9 - Informações relevantes, segundo os autores, sobre a composição de resíduos em instituições de ensino superior	45
Tabela 10 - Percentual mássico de plástico e as temperaturas médias das cidades onde estão localizadas as universidades considerando distância do Equador e Trópicos	49
Tabela 11 - Análise comparativa sazonal (clima) do % mássico de plástico	51
Tabela 12 - Estimativa de variação anual (%) da série histórica 2013 - 2016 e da variação anual média (%).....	54
Tabela 13 - Resultados das estimativas de população de graduandos da UFRJ e do CT; e da população total do CT;	55
Tabela 14 - Dados de população ativa do CT/UFRJ utilizados para projeções futuras pelos métodos aritmético e geométrico	67
Tabela 15 - Projeções de populações futuras da UFRJ pelo método matemático aritmético	67
Tabela 16 - Projeções de populações futuras da UFRJ pelo método matemático geométrico	68
Tabela 17 - Dados de população ativa do CT/UFRJ utilizados para a projeção futuras pelo método matemático de curva logística.....	68
Tabela 18 - Projeções de populações futuras da UFRJ pelo método matemático de curva logística.	69
Tabela 19 - Intervalo de confiança das amostras (2017 a 2036) de cada método matemático de projeção populacional pelo Teste de Hipóteses de Distribuição Normal.	70
Tabela 20 - Variações anual dos resíduos sólidos recicláveis coletados no CT/UFRJ, populacional	72
Tabela 21 - Resultados das variações anuais (IPAT) para os cenários I, II e III estabelecidos	73
Tabela 22 - Estimativas de geração diária per capita média no horizonte de projeto (2016 - 2036), de 5 em 5 anos	75
Tabela 23 - Estimativa de geração per capita em 249 dias letivos para a série histórica de 2016 – 2036, em kg/ hab x dia letivo	76

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM – American Society for Testing and Material

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CENPES – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento

CEPERJ – Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro

COMLURB - Companhia Municipal de Limpeza Urbana

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – Centro de Tecnologia

EQ - Escola de Química

FAESA – Faculdades Integradas Espírito-Santenses

IES - Instituições de Ensino Superior

IMA - Instituto de Macromoléculas

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NERDES – Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável

NIDES - Núcleo Interdisciplinar de Desenvolvimento Social

OECD - *The Organisation for Economic Co-operation and Development*

PDCA – *Plan Do Check Act*

PET – Poli(tereftalato de etileno)

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PIB - Produto Interno Bruto

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PP - Polipropileno

PVC – Poli(cloreto de vinila)

RSD – Resíduos Sólidos Domésticos

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

UABC - *Universidad Autónoma de Baja California*

UAM - *Universidad Autónoma Metropolitana*

UEPB – Universidade do Estado da Paraíba

UFAM – Universidade Federal do Amazonas

UFG – Universidade Federal de Goiás

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UNBC - *University of Northern British Columbia*

UNICAMP – Universidade de Campinas

UPE – Universidade de Pernambuco

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos e sua destinação têm grande relevância e visibilidade na sociedade de um modo geral. O assunto resíduo é amplamente debatido no Brasil e no mundo, pois afeta diretamente a saúde pública e o meio ambiente, como é enunciado na Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (Lei 11.445 de 5 de janeiro 2007) (BRASIL, 2007).

Os resíduos são gerados por diferentes fontes, entre elas instituições de ensino superior que, segundo Tauchen e Brandli (2006, apud GONÇALVES et al., 2010), podem ser consideradas como uma pequena cidade com muitos geradores. Portanto, faz-se necessária a implementação de gestão de resíduos para não afetar negativamente a saúde dos estudantes, funcionários e professores, bem como o meio ambiente.

Atualmente, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) é a principal referência nacional que objetiva auxiliar os órgãos públicos e privados no gerenciamento dos resíduos sólidos através de metas, objetivos, instrumentos político-econômicos e diretrizes e, ainda, exige que haja maior transparência por todas as partes. Essa lei auxilia amparar os setores na destinação mais correta dos resíduos gerados, classificando-os como resíduos ou rejeitos a fim de destiná-los corretamente.

Em uma universidade da dimensão da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) isso não é diferente. Os dados da coleta de resíduos recicláveis no Centro de Tecnologia (CT) mostram que a quantidade de resíduos sólidos produzidos nesse Centro aumentou ao longo dos anos (RECICLA CT, 2017a) e esta geração acompanhou o crescimento do número de alunos (UFRJ, 2016). O número de discentes ingressos nos outros Centros acadêmicos da universidade também aumentou e, conseqüentemente supõe-se que a quantidade total de resíduos gerados pela UFRJ também tenha crescido. Além disso, há centros de pesquisas de empresas instalados na Ilha do Fundão, como a Petrobras (CENPES) e Eletrobras, e ainda empresas da incubadora do Parque Tecnológico, que conta atualmente com 25 *startups* (UFRJ, 2017).

Programas para a gestão de resíduos sólidos no Centro de Tecnologia (CT) da UFRJ foram criados, entre eles o Recicla CT, que é o precursor e tem como objetivo o gerenciamento de resíduos recicláveis secos classe II. Esses programas atendem à Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305) (BRASIL, 2010) e o Decreto Nº 5.940 (BRASIL, 2006).

No Programa Recicla CT, parte dos resíduos gerados é coletada e encaminhada para cooperativas e outra parte, que não é de interesse econômico das cooperativas, é encaminhada ao aterro. No entanto, para que o seu gerenciamento seja realizado de forma mais eficiente, ou seja com maior encaminhamento às cooperativas, atendendo, assim, por completo o Decreto 5.940 (2006), é necessário que sejam realizados estudos específicos acerca dos tipos de resíduos que são gerados e coletados no CT/UFRJ. Outro ponto importante é que as instituições de ensino superior devem se reconhecer como responsáveis pelos resíduos por elas gerados e verificar o potencial de encaminhamento e reciclagem de seus resíduos. A caracterização dos resíduos universitários é fundamental para uma destinação mais adequada.

2. OBJETIVO

Objetivo geral:

O presente trabalho teve como foco a comparação e análise dos resíduos coletados em instituições de ensino superior e, assim, verificar especificidades na composição desses resíduos recicláveis secos no ambiente universitário.

Objetivos específicos:

- ✓ Verificar o padrão de geração de recicláveis em instituições de ensino superior;
- ✓ Verificar a diferença na geração de resíduos universitários e do Centro de Tecnologia da UFRJ de forma a apresentar um panorama geral de todos os resíduos coletados de 2010 a 2016;
- ✓ Comparar a composição dos resíduos sólidos de universidade com os gerados na cidade na qual a universidade pertence;
- ✓ Fazer estimativas futuras sobre as quantidades de resíduos coletadas no CT/UFRJ;

3. MOTIVAÇÃO DO ESTUDO

A motivação para a elaboração do trabalho partiu da necessidade de se estimar a quantidade de cada tipo de resíduo reciclável que é gerado e coletado pelo Programa ReciclaCT. Com este dado, comparar a geração de resíduos no CT/UFRJ e a de outros trabalhos científicos elaborados em outras universidades do Brasil e do mundo. Dessa forma, tem-se a dimensão do potencial de reciclagem dos resíduos gerados em um ambiente universitário, em especial o da UFRJ.

Com o panorama e comparação, pretende-se, auxiliar a gestão de resíduos sólidos na UFRJ e outras universidades. Outrossim, encorajar novos estudos relacionados ao potencial de reciclagem em instituições de ensino superior que possuam uma grande população acadêmica.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Na revisão bibliográfica, realizou-se a contextualização da temática dos resíduos sólidos gerados em instituições de ensino superior e também foram verificadas as informações das universidades brasileiras e de outros países que publicaram estudos científicos sobre a caracterização gravimétrica de seus resíduos sólidos.

A caracterização de resíduos sólidos é feita com o uso de normas, que padronizam a forma de amostragem e classificação dos resíduos sólidos. No Brasil, são utilizadas Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004a; ABNT, 2004b). No exterior, há a utilização de normas locais ou a da *American Society for Testing and Material* (ASTM, 2016).

O presente estudo aborda apenas os resíduos recicláveis secos gerados em ambientes comuns das universidades, excluindo-se laboratórios, e classificados como resíduos sólidos classe II – não perigosos conforme NBR 10.004 (ABNT, 2004b), ou de resíduos sólidos urbanos não perigosos em conformidade com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010).

4.1 Gestão de resíduos sólidos em instituições de ensino superior

A PNRS (BRASIL, 2010) tem como um de seus instrumentos a elaboração de planos de gestão integrada de resíduos sólidos para órgãos públicos e privados, que incluem o planejamento do gerenciamento de materiais descartados de acordo com a infraestrutura técnica e administrativa do gerador e respeitando a hierarquização de destinação na ordem de não geração, redução, reutilização, a reciclagem, tratamento e disposição final correta. Algumas instituições de ensino superior (IES) elaboraram planos de gerenciamento de resíduos. No CT/UFRJ, ele está em fase de elaboração (RECICLA CT, 2017b).

Segundo Juliatto et al. (2011), a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) pode auxiliar instituições públicas a buscarem a sustentabilidade ambiental em conformidade à PNRS. Para isso, funcionários públicos são delegados a se organizarem e avaliarem como o gerenciamento ambiental está sendo executado, incluindo resíduos, com o objetivo de pontuar quais as ações podem ser necessárias para evitar desperdícios e avaliar os possíveis impactos ambientais causados por determinada atividade por meio de elaboração de projetos e soluções e de acordo com as condições financeiras da instituição.

Os gestores de instituições de ensino superior no mundo estão em busca de soluções integradas de gestão de resíduos no âmbito universitário que são debatidas em conferências que reúnem reitores e funcionários de IES (JULIATTO et al., 2011). O autor exemplifica o tema com um estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e explicou que esta IES criou uma equipe de trabalho que cuidaria da gestão de resíduos por meio de um Núcleo afim de gerenciá-los corretamente em virtude da promulgação do Decreto Federal Nº 5.940, de 25 de outubro 2006. O artigo 2º do Decreto institui a coleta seletiva solidária como uma das formas para essa triagem (BRASIL, 2006). Segundo o Decreto, essa coleta deve ser feita com a separação de materiais recicláveis na própria fonte geradora que devem ser enviados a cooperativas de catadores. A PNRS (BRASIL, 2010) prioriza participação de catadores nos sistemas de coleta seletiva implantados. Além disso, legislações estaduais ou municipais foram instituídas como variantes do Decreto Federal acima, caso do Estado do Rio de Janeiro, Decreto Nº 40.645, de 8 de março de 2007 (RIO DE JANEIRO, 2007); do município do Rio de Janeiro, Decreto Municipal Nº 30.624/2009, de 22 de abril de 2009 (RIO DE JANEIRO, 2009); e do município de São Paulo, Projeto de Lei Nº 14.470, de 10 de julho de 2007 (SÃO PAULO, 2007).

O CT/UFRJ iniciou a gestão de resíduos gerados de forma similar com a criação dos Programas Ambientais do CT, que inclui o Programa Recicla CT, pioneiro e oficializado em 2007. Este Programa atua conforme o mesmo Decreto Federal 5.940 citado anteriormente com a coleta seletiva e triagem de materiais de alguns pontos do prédio do Centro de Tecnologia (CT) e, em consonância com a PNRS/2010, está elaborando, até então, um plano de gerenciamento de resíduos.

4.2 Estudos sobre resíduos sólidos gerados em instituições de ensino superior

O presente trabalho permeia a análise da estimativa da quantificação da geração de resíduos que são coletados em ambientes universitários brasileiros e estrangeiros por análise gravimétrica padronizada.

As Tabela 1 mostra as nove (9) universidades analisadas que publicaram a caracterização de seus resíduos sólidos em artigos científicos, ressaltando os recicláveis, são elas: Universidade Federal de Goiás (UFG), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Anhanguera Educacional, Universidade do Estado da Paraíba (UEPB), Universidade de Pernambuco (UPE), Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade de Campinas (UNICAMP), Faculdades Integradas Espírito-Santenses (FAESA) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Foram analisados sete (7) artigos publicados sobre universidades estrangeiras que estudaram seus resíduos. São elas: *Universidad Autónoma de Baja California (UABC)* e *Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)* - México, *University of Northern British Columbia (UNBC)* - Canadá, *University of Tabriz* – Irã, *University of Lagos* e *Covenant University* - Nigéria, e *Sakarya University* – Turquia

Tabela 1 - Relação de universidades brasileiras e estrangeiras com estudos publicados sobre geração de resíduos sólidos

	Instituição de Ensino	Período	Local	Local da pesquisa	Objetivo da pesquisa	Referência
Brasil	Universidade Federal de Goiás (UFG)	2007	Goiás	Campi I e II	Elaborar diagnóstico do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos nas unidades acadêmicas de Goiânia	CRUZ et al., 2009
	Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)	2009	Paraná	Campus Francisco Beltrão	Elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS)	GONÇALVES et al., 2010
	Anhanguera Educacional (Anhanguera)	2010	São Paulo	FAC-I e FAC-II	Redução de impactos ambientais ocasionados pela má gestão de resíduos	NARDY et al., 2010
	Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)	Não menciona	Paraíba	Campus VIII	Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados	SOUSA et al., 2015
	Universidade de Pernambuco (UPE)	2016	Pernambuco	Escola Politécnica	Apresentar à comunidade acadêmica a caracterização e o mapeamento dos resíduos sólidos gerados de forma quantitativa	SILVA et al., 2016
	Universidade Federal do Amazonas (UFAM)	2015	Amazonas	Faculdade de Tecnologia	Diagnóstico e composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados na unidade	CAETANO et al., 2016
	Faculdades Integradas Espírito-Santenses (FAESA)	2016 – 2017	Espírito Santo	Campus I	Estudo quantitativo e caracterização gravimétrica dos resíduos gerados	KER et al., 2017
	Universidade de Campinas (UNICAMP)	2003 – 2013	São Paulo	Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo	Elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos com metodologia do Ciclo de Melhoria Contínua	FAGNANI & GUIMARÃES, 2017
	Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	2010 – 2016	Rio de Janeiro	Centro de Tecnologia (CT)	Conscientizar e educar os geradores; gerar renda extra para os membros da equipe de coleta; e promover capacitação profissional à equipe	RECICLA CT, 2017b

Tabela 1 - Relação de universidades brasileiras e estrangeiras com estudos publicados sobre geração de resíduos sólidos (Continuação)

	Instituição de Ensino	Período	Local	Local da pesquisa	Objetivo da pesquisa	Referência
Outros países	<i>Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)</i>	2003 – 2005	México	<i>Campus Azcapotzalco</i>	Adaptação à legislação local com programa de coleta seletiva	ESPINOSA et al., 2008
	<i>Autonomous University of Baja California (UABC)</i>	Não menciona		<i>Campus Mexicali I</i>	Implementar um programa de redução, recuperação e reciclagem de resíduos	VEGA et al., 2008
	<i>University of Northern British Columbia (UNBC)</i>	2007 – 2008	Canadá	<i>Campus Prince George</i>	Orientar a administração da universidade de como gerenciar seus resíduos: adequar ao “ <i>greening the campus</i> ”	SMYTH et al., 2010
	<i>University of Tabriz</i>	2010	Irã	Campus principal	Elaborar estratégias de gestão de resíduos com a quantificação da composição dos resíduos	TAGHIZADEH et al., 2012
	<i>Sakarya University</i>	Não menciona	Turquia	<i>Campus Esentepe</i>	Implementar uma planta de reciclagem de materiais recicláveis	BOYSAN et al., 2015
	<i>Covenant University</i>	Não menciona	Nigéria	<i>Campus Cannanland</i>	Sugerir melhores práticas de gestão de resíduos	COKER et al., 2016
	<i>University of Lagos</i>	2014 - 2015		<i>Campus Unilag Akoka</i>	Implementação de uma gestão sustentável de resíduos	ADENIRAN et al., 2017

Fonte: Elaboração própria. 2017.

4.2.1 Procedimentos para realização de análise gravimétrica dos resíduos sólidos

A importância deste item está em verificar as metodologias utilizadas nas universidades estrangeiras e nacionais para caracterização dos resíduos. Para a quantificação da composição dos resíduos, foram utilizados procedimentos de análise gravimétrica na maioria dos casos. Assim, verificou-se a necessidade de enunciar o que é e sua importância.

Segundo Andrade (2014), a análise gravimétrica é uma técnica de amostragem que possibilita a caracterização de uma amostra de resíduo, determinando a massa de cada componente presente no lixo (papel, papelão, plástico, vidro, entre outros) e a possibilidade de avaliar sua importância na massa total de resíduos estimada, geralmente, em percentual mássico.

De acordo com a ABNT (2004a), a realização dessa análise pode ser relevante para a busca de uma gestão de resíduos adequada, conseqüentemente, mais eficientes para cada caso, conforme as particularidades da composição gravimétrica das universidades, para a escolha do tratamento e destinação final dos resíduos.

Verificou-se que a os procedimentos adotados pelas normas nacional (ABNT, 2004a; ABNT, 2004b) e internacional (ASTM, 2016) para a realização de análise gravimétrica são similares em amostras homogêneas, com o quarteamento, e estão representados na Figura 1.

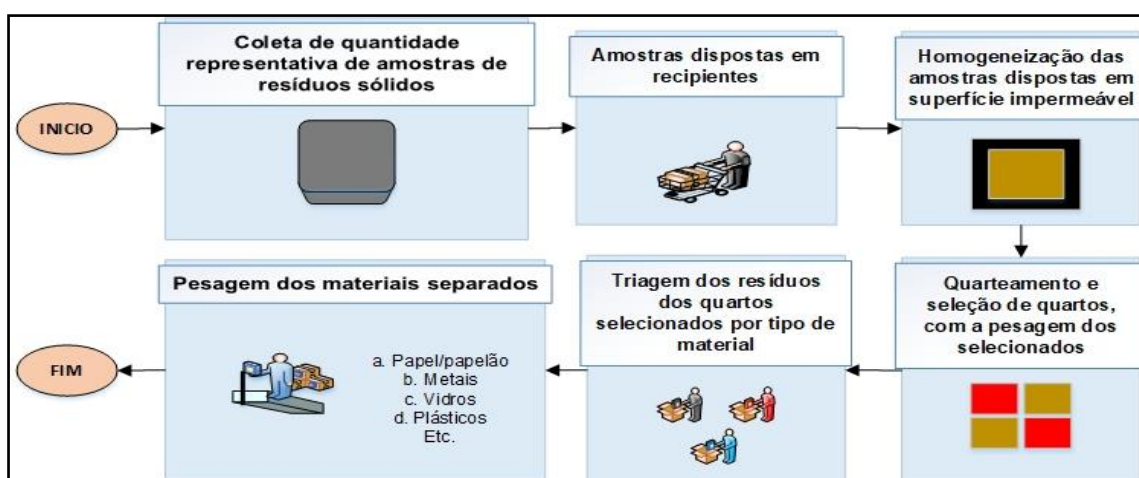


Figura 1 - Fluxograma dos procedimentos gerais de análise gravimétrica segundo norma ABNT e ASTM

Fonte: Adaptado de ABNT (2004a) e ASTM (2016).

No Brasil, a caracterização gravimétrica pode ser realizada com o auxílio das normas de amostragem NBR 10.007:2004 e a de classificação de resíduos NBR 10.004:2004 (ABNT, 2004b; ABNT, 2004a).

Nos casos das universidades estrangeiras, a caracterização e amostragem de duas (2) delas se basearam em normas de seus respectivos países e regiões, como nos casos da *Universidad Autónoma de Baja California* (UABC) e *University of Northern British Columbia* (UNBC) (VEGA et al., 2008; SMYTH et al., 2010), o que não difere do Brasil. Na *University of Tabriz* e *University of Lagos*, os autores (TAGHIZADEH et al., 2012; ADENIRAN et al., 2017) utilizaram a norma americana ASTM D5231-92 – *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*, da *American Society for Testing and Materials* (ASTM, 2016). Há também algumas que não especificaram quais metodologias foram utilizadas, casos da *Universidad Autónoma Metropolitana* (UAM), *Sakarya University* e *Covenant University* (COKER et al., 2016).

Alguns dos autores citam adaptações das normas por conta de particularidades de infraestrutura e da composição dos resíduos de cada universidade que serão explicados adiante, como foi observado nos casos da *Universidad Autónoma de Baja California* (UABC) (VEGA et al., 2008) e da *University of Lagos* (ADENIRAN et al., 2017).

Os estudos em universidades de outros países, que especificaram os procedimentos de caracterização de resíduos, são similares quanto à amostragem e classificação; utilizam normas locais ou a norma ASTM (2016), observado nos casos na *University of Tabriz* (TAGHIZADEH et al., 2012) e *University of Lagos* (ADENIRAN et al., 2017). No entanto, em alguns deles, é relatado que houve adaptação de normas conforme suas particularidades, como foram descritas anteriormente nos casos da UABC (VEGA et al., 2008), UNBC (SMYTH et al., 2010) e *University of Lagos* (ADENIRAN et al., 2017).

Nas Tabela 2 e 3 estão descritas as metodologias informadas pelos autores dos estudos para caracterização gravimétrica, com amostragem e classificação, de cada uma das universidades brasileiras e de outros países, respectivamente.

Tabela 2 - Descrição das metodologias adotadas de análise gravimétrica em instituições de ensino superior brasileiras

Universidade		Caracterização gravimétrica no Brasil		Referência
		Amostragem	Classificação	
1	UFG	Dados de composição gravimétrica obtidos por meio de questionários junto às unidades acadêmicas. Não foram especificados quais os procedimentos adotados.	NBR 10.004 (2004b)	CRUZ et al., 2009
2	UTFPR	Procedimentos da metodologia de Monteiro et al. (2001) no <i>Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos</i> , que são os mesmos da NBR 10.007 (2004a).	CONAMA 313 (2002) – Inventário de Resíduos Sólidos Industriais, e a NBR 10.004 (2004b)	GONÇALVES et al., 2010
3	Anhanguera	Não houve realização de amostragem. Todos os resíduos coletados foram separados, classificados e pesados em balança.	CONAMA 275 (2001)	NARDY et al., 2010
4	UEPB	Quantificação por medições em volume (m ³) para o cálculo da geração semanal e composição. Não especificaram se foram selecionadas amostras, ou se foi medida a massa total de resíduos coletados nem como foi feita a separação.	CONAMA 313 (2002) e NBR 10.004 (2004b)	SOUSA et al., 2015
5	UPE	Segundo NBR 10.007 (2004a)	NBR 10.004 (2004a) adaptada com a separação dos resíduos em recicláveis (papel, plástico, metal e pacotes laminados) e não recicláveis.	SILVA et al., 2016
6	UFAM	Descreve a NBR 10.007 (2004a), porém alegaram que não foi possível executá-la por que houve alta quantidade de resíduos e a área destinada para a caracterização era insuficiente para a realização dos procedimentos durante o período desejado.	NBR 10.004 (2004b).	CAETANO et al., 2016
7	UNICAMP	Não foi informado se foram selecionadas amostras, conforme NBR 10.007 (2004a), ou se foram coletados todos os resíduos gerados no campus para a pesagem.	Não especifica a metodologia para classificação.	FAGNANI & GUIMARÃES, 2017
8	FAESA	Menciona a NBR 10.007 (2004a) na metodologia, porém descreve os procedimentos como se todos os resíduos tivessem sido segregados e pesados. Não foi informado se as massas foram obtidas a partir de alíquotas de amostras.	NBR 10.004 (2004b)	KER et al., 2017
9	UFRJ	Em entrevista com o coordenador dos Programas Ambientais do CT (2017), não há a realização de amostragem de resíduos. Não há a separação de amostras para análise de acordo com a NBR 10.007 (2004a), e sim todos os resíduos coletados separadamente são pesados no Centro de Triagem.	Inicialmente, os resíduos são coletados separadamente conforme a CONAMA 275 (2001) – coletores coloridos, e NBR 10.004:2004 (2004b), No Centro de Triagem é realizada uma nova separação (subdivisão) dentro da mesma categoria, como exemplo na categoria metal tem-se lata de alumínio, sucata e sucata de ferro.	RECICLA CT, 2017b

Fonte: Elaboração própria. 2017.

Tabela 3 - Descrição das metodologias adotadas de análise gravimétrica em instituições de ensino superior de outros países

Universidade		País	Caracterização gravimétrica em outros países		Referência
			Amostragem	Classificação	
1	UAM	México	Não informada	Não informada	ESPINOSA et al., 2008
2	UABC	México	Adaptação da norma mexicana NMX-AA-015-1985, proposta por Buenrostro-Delgado (2001). Os autores verificaram que, se a norma mexicana padronizada fosse integralmente utilizada, a massa homogeneizada amostrada deveria ser levada ao mesmo local onde há a disposição final de todos os resíduos do campus. A falta de espaço para realizar o quarteamento e retirada de alíquotas de amostras comprometeu a utilização da norma.	Utilização da norma da <i>College and University Recycling Council – CURC</i> (2001), que separa a classificação de resíduos em categorias e subcategorias.	VEGA et al., 2008
3	UNBC	Canadá	Não informada	Adaptações de diversas metodologias, sem especificar todas elas. Baseada principalmente na norma do município de Fraser Fort George (RDFFG, 2007) e a do Estado de Ontário (Ontario Ministry of Environment, 1994) para a classificação dos resíduos. A adaptação ocorreu pela limitação do número de amostras ensacadas e analisadas (50% das selecionadas) por conta da alta demanda de tempo para a triagem de acordo com a caracterização por categorias que poderia comprometer a amostragem.	SMYTH et al., 2010
4	Tabriz	Irã	Adaptada de diversas metodologias com utilização, principalmente, das metodologias padronizadas da ASTM (2016). Não especificaram quais foram essas adaptações.	ASTM D5231-92 (ASTM, 2016) e metodologias utilizadas por diferentes estudos em diferentes países, sem especificá-los e quais singularidades de procedimentos que as singularidades que os levaram a utilizá-los	TAGHIZADEH et al., 2012

Tabela 3 - Descrição das metodologias adotadas de análise gravimétrica em instituições de ensino superior de outros países (**Continuação**)

Universidade		País	Caracterização gravimétrica em outros países		Referência
			Amostragem	Caracterização	
5	Sakarya	Turquia	Não informada	Não informada	BOYSAN et al., 2015
6	Covenant	Nigéria	Não especificada: observações dos autores e realização de entrevistas com os catadores para obtenção de dados referentes à composição de resíduos.	A caracterização de resíduos foi feita em categorias dos tipos de resíduos quanto à origem deles.	COKER et al., 2016
7	Lagos	Nigéria	ASTM D5231-92 (2016) e a <i>Resource Conservation Reservation Authority (RCRA) Waste Sampling Draft Technical Guidance</i> da <i>Environmental Protection Agency (EPA/EUA)</i> .	Feita manualmente com auxílio do trabalho publicado por Vega et al. (2008) na UABC com utilização da CURC (2001). Foi adaptada por conta da particularidade da diferença na composição dos resíduos entre as duas universidades. Ao contrário da UABC, na universidade de Lagos o material “couro” foi categorizado por exemplo.	ADENIRAN et al., 2017

Fonte: Elaboração própria. 2017

4.2.2 Composição dos resíduos sólidos recicláveis gerados em instituições de ensino superior e sua destinação

A Figura 2 mostra a média das composições percentuais (mássicas) de cada material, obtidas dos artigos das instituições de ensino superior, com as quantidades expostas de acordo com as categorias de resíduos ou rejeitos adotados pelos autores dos artigos.

É válido destacar que os dados sobre as quantidades de cada material da UAM (ESPINOSA et al., 2008), UFRJ (RECICLA CT, 2017a) e da FAESA (KER et al., 2017) foram fornecidos em massa e também foram recalculados em porcentagem com o objetivo de facilitar a comparação entre todos os casos nacionais.

Os materiais recicláveis foram coloridos, com exceção do cinza e branco, conforme a especificação CONAMA 275 (2001) para facilitar a organização e visualização. A categorização foi feita de acordo com o que os autores consideraram como materiais recicláveis e (ou) recicláveis, sendo: papel de azul; plástico de vermelho; metal de amarelo; vidro de verde; demais recicláveis, da categoria “outros”, de cinza; e, em branco, são os materiais considerados pelos autores dos artigos como rejeitos ou sem potencial de reciclagem.

O detalhamento da composição mássica percentual de acordo com a categoria está no ANEXO I.

No Brasil, a coleta seletiva é a destinação considerada legal para as instituições públicas federais de nível superior resíduos recicláveis classe II, segundo o Decreto Federal Nº 5.940 (BRASIL, 2006). Este decreto especifica que os órgãos federais enviem esses resíduos coletados às cooperativas de catadores de materiais recicláveis, casos da UFG (CRUZ et al., 2009), UTFPR (GONÇALVES et al., 2010), UFAM (CAETANO et al., 2016) e CT/UFRJ (RECICLA CT, 2017b). Dentre estes, apenas o da UFAM (CAETANO et al., 2016) não informou se havia algum programa da universidade envolvendo coleta ou envio dos recicláveis às cooperativas e (ou) associações de catadores.

Alguns estados das IES analisadas possuem legislação estadual baseada na Lei Federal acima. O Estado da Paraíba possui legislação aprovada de Nº 9.293 (PARAÍBA, 2010); em São Paulo há um Projeto de Lei Nº 14.470 (SÃO PAULO, 2011); não foi encontrada legislação no mesmo sentido para o Estado de Pernambuco. Portanto, apesar de Sousa et al. (2015) não enunciarem a lei Paraibana, a UEPB deve se adequar à legislação estadual; já a UNICAMP, que é do Estado de São Paulo, não é obrigada a separar e encaminhar os resíduos recicláveis às cooperativas porque a lei estadual

dentre elas, a Anhanguera especifica que algumas de suas unidades possuem coleta seletiva (NARDY et al., 2010).

Em outros países, Espinosa et al., (2008), autores da pesquisa na UAM – México, explicaram que os resíduos recicláveis são enviados para empresas recicladoras específicas responsáveis por cada tipo de material. É válido ressaltar que no México havia até então um programa de triagem de resíduos recicláveis na origem – o *Separación*, bem como ocorre nas universidades federais do Brasil com o advento do Decreto Federal 5.940 (BRASIL, 2006). Neste programa, é indicado que resíduos separados devem ser dispostos e armazenados temporariamente em localidades específicas até que sejam enviados a um centro de reciclagem ou aterro sanitário. O estudo foi feito para adequar a gestão de resíduos nessa universidade à legislação local, então boa parte dos resíduos recicláveis era enviada à recicladoras, enquanto os não recicláveis, aos aterros sanitários.

Para a UABC - México, Vega et al. (2008) explicaram que os resíduos eram dispostos em coletores comuns, então eram enviados a um aterro sanitário sem que houvesse ao menos a triagem dos materiais. O mesmo foi informado por Taghizadeh et al. (2012) na *University of Tabriz*, do Irã. Já para *University of Lagos*, da Nigéria, os autores estimaram que menos de 1% dos materiais recicláveis eram recuperados e o resto era enviado para aterros sanitários. (ADENIRAN et al., 2017).

Na UNBC - Canadá, estimou-se que mais de 70% dos resíduos recicláveis eram enviados a aterros (SMYTH et al., 2010). Para o caso de Sakarya, não foram informadas as destinações finais dos resíduos coletados (BOYSAN, 2015).

A pesquisa realizada na *Covenant University*, da Nigéria, (COKER et al., 2016) revelou que os resíduos recicláveis coletados eram enviados sem separação a um lixão localizado na própria universidade. Os materiais recicláveis com valor de mercado eram separados por catadores no local, e os outros eram queimados. A Tabela 4 mostra a destinação dos resíduos gerados em algumas universidades de forma resumida.

Tabela 4 - Destinação de resíduos nas instituições de ensino superior brasileiras e de outros países analisadas

Local	Universidades	Destinação dos resíduos		Referência
		Com potencial de reciclagem	Sem potencial de reciclagem	
Brasil	UFG, UTFPR, CT/UFRRJ, Anhanguera, UNICAMP	Cooperativas de catadores de materiais recicláveis	Aterro sanitário	CRUZ et al., 2009; GONÇALVES et al., 2010; NARDY et al., 2010; RECICLA CT, 2017b; FAGNANI & GUIMARÃES, 2017
	UPE, FAESA	Aterros sanitários		SILVA et al., 2016; KER et al., 2017
	UEPB	Metal e vidro: encaminhados para usina de triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos de um lixão	Demais resíduos: encaminhados ao aterro sanitário	SOUSA et al., 2016
Outros países	UAM, UNBC	Indústria de reciclagem	Aterros sanitários	ESPINOSA et al., 2008; SMYTH et al., 2010
	UABC, Tabriz, Lagos	Aterros sanitários		VEGA et al., 2008; TAGHIZADEH et al., 2012; ADENIRAN et al., 2017
	Covenant	Lixão		COKER et al., 2016
	Sakarya	Não informado		BOYSAN et al., 2015

Fonte: Elaboração própria. 2017.

5. METODOLOGIA

Este item abordará os procedimentos adotados para a obtenção de dados sobre a composição de resíduos sólidos recicláveis secos coletados em IES necessários para atender os objetivos estabelecidos e também a descrição das etapas utilizadas, com embasamento em diversas metodologias, para a geração de resultados

5.1 Obtenção dos dados sobre resíduos sólidos recicláveis em instituições de ensino superior

O trabalho consistiu, no primeiro momento, em revisão bibliográfica acerca de dados sobre a produção de resíduo em instituições superiores de ensino e a verificação das formas de sua quantificação. Com isso, pôde-se verificar quais eram os principais resíduos gerados e coletados, e as suas respectivas proporções na composição gravimétrica – percentual mássico.

A pesquisa em periódicos científicos foi focada nas palavras resíduos sólidos em instituições de ensino superior. Utilizou-se, para isso, o *site* do Portal de Periódicos CAPES. Também foi realizada uma busca no *Google Acadêmico*. Os procedimentos de busca foram:

- ✓ Os termos em inglês utilizados para a busca geral: *solid E waste E management E composition E characterization E university E higher E education*;
- ✓ Os termos em português: *gerenciamento E gestão E composição E resíduos E sólidos E universidade E instituições E ensino E superior*;
- ✓ Períodos de abrangência: de 2008 a 2018.

A busca por termos em inglês no Portal Periódicos CAPES retornou artigos internacionais que, ao clicar no resultado, direcionou-o, principalmente, para a base *ScienceDirect* da editora *Elsevier*; assim, a mesma busca com esses termos em inglês foi realizada no próprio *site* do *ScienceDirect*, que retornou mais de 500 resultados. Para a seleção dos artigos, notou-se que os 100 primeiros artigos retornavam títulos de artigos que abordavam composição de resíduos, em ambientes urbanos ou universitários; os demais resultados eram assuntos que não eram de interesse para este trabalho, pois tratavam de resíduos de outras classes que não os de classe II. Dessa

forma, foram analisados esses 100 primeiros resultados: excluíram-se aqueles que especificaram a pesquisa voltada para ambientes urbanos. Nos artigos cujas pesquisas foram realizadas em ambientes universitários, foram considerados os que continham dados que pudessem contribuir para o presente trabalho em relação à caracterização e composição de resíduos recicláveis classe II em ambientes universitários: quantidades de geração, percentagem gravimétrica, discussão acerca dos resultados obtidos e as citações de outros trabalhos relevantes.

A busca em português retornou mais de 6.000 resultados de artigos nacionais publicados em diversas revistas brasileiras. Então, todos os títulos desses artigos foram analisados e aqueles que tratavam de alguma instituição de ensino superior brasileira e que tinham informações quanto à caracterização e composição gravimétrica foram selecionados.

Para os casos nacionais, deu-se preferência aos artigos de pesquisas realizadas em instituições de ensino superior públicas, especificamente federais ou estaduais. Entretanto, outros trabalhos elaborados em universidades particulares também foram escolhidos por conta dos dados relevantes fornecidos, como explicado no parágrafo anterior.

Com isso, foram escolhidos sete (7) artigos a partir da base *Science Direct*, sendo seis (6) estrangeiros e um (1) nacional; e do Portal de Periódicos da CAPES foram selecionados sete (7) artigos nacionais, todas referências já enunciadas no item de Revisão Bibliográfica. Os dados do Recicla CT/UFRJ foram fornecidos pela equipe do Programa Recicla CT.

5.2 Comparação entre os resíduos das instituições de ensino superior

As análises com a comparação dos dados fornecidos entre as composições mássicas (%) fornecidas nos trabalhos em universidades foram feitas com o uso do software *Microsoft Excel* (2016), que possibilitou a manipulação e cálculos dos dados, que geraram diversos gráficos. As seguintes funções do *software* foram utilizadas:

- As médias (%) foram calculadas com a função do *Excel* (2016) “=MÉDIA(núm1; [núm2];...)”, que usa a seguinte fórmula: $média = \frac{\sum x}{n}$;

➤ O desvio-padrão das médias foi calculado com a função do *Excel* (2016) “=DESVPAD.A(núm1; [núm2]; ...)”, que usa a seguinte fórmula: $desvpad =$

$$\sqrt{\frac{\sum(x-média)^2}{(n-1)}};$$

➤ Sendo x = amostra da categoria (%) (papel, plástico, metal, vidro e outros) e n = número de amostras.

Os artigos que forneceram os dados das quantidades de resíduos em massa, ou seja, em gramas (g), quilogramas (kg) ou toneladas (t), foram recalculados em percentuais mássicos (%) no *software Excel* (2016). Isto é, dividiu-se a massa total coletada pelo tipo específico de material (papel, metal etc.) como mostra a Equação 1 utilizada por Vega et al. (2008):

$$(\%) \text{ Categoria} = \left(\frac{\text{Quantidade total de resíduos de uma categoria (kg,ton)}}{\text{Quantidade total de todas as categorias (kg,ton)}} \right) \times 100 \text{ (Eq.1)}$$

Os materiais que mais foram discutidos e que mais apareciam nos artigos foram analisados: papel, plástico, metal e vidro. Esses são os materiais mais relevantes quanto à quantidade e relatados na maioria dos trabalhos. Os outros materiais com potencial de reciclagem, como couro, cerâmica, *Tetrapak* e de construção/demolição e que não são comuns para todos os casos, e correspondem a uma quantidade muito baixa, foram agrupados na categoria “outros”. Esta não pode ser usada para comparação, pois cada IES apresentou diversos tipos de materiais que não eram comuns entre elas, como o couro, observado apenas para IES nigerianas *Covenant University* (COKER et al., 2016) e *University of Lagos* (ADENIRAN et al., 2017).

É válido destacar que artigos brasileiros classificavam “outros” como materiais recicláveis ou não recicláveis, e estrangeiros como materiais não recicláveis ou não reutilizáveis.

Procurou-se discutir semelhanças e/ou diferença na composição de resíduos entre as universidades, sejam elas brasileiras ou não, relacionando as variadas épocas do ano e situações adversas, tais como greve, férias, época de provas, clima, etc.

As possíveis relações entre a composição mássica percentual e algum fator de alteração foram as seguintes:

- Relação com a população do local (variações do número de pessoas);

- Relação com o calendário escolar (períodos letivos, greves, recesso e férias);
- Relação com a sazonalidade (clima);
- Relação com a economia (variações do PIB).

É necessária uma série histórica de dados para relacionar geração e composição à população, calendário escolar e economia, pois comparam-se quantidades anuais, ou mensais, às quantidades coletadas. Por isso, essas análises, além da sazonalidade, foram realizadas apenas para o caso do CT/UFRJ, o qual o Recicla CT (2017a) forneceu dados mensais detalhados do quantitativo de cada material coletado de 2010 a 2016. Isso permitiu observar as flutuações de coleta total e de cada material ao longo dos anos.

Já a relação entre quantidades de plástico e sazonalidade foi feita entre todas as IES. Este material foi considerado parâmetro por ser utilizado em garrafas e copos plásticos para envasar bebidas carbonatadas ou água (VEGA et al., 2008; TAGHIZADEH et al., 2012; ADENIRAN et al., 2017).

No âmbito do CT/UFRJ, foi possível comparar a composição gravimétrica (%) dos resíduos coletados no Centro aos do município do Rio de Janeiro na mesma série histórica, de 2010 a 2016 (COMLURB, 2016). Por último, também foi possível comparar a média da composição mássica (%) dos resíduos coletados do Centro aos das instituições de ensino superior.

Os dados de composição de resíduos de todas as IES que foram manipulados e gerados, obtidos dos artigos científicos analisados, podem ser vistos no ANEXO I.

Relação da composição de plástico com a sazonalidade

É sabido que a temperatura diminui com o aumento da latitude, ou seja, quanto mais distante da Linha do Equador, menor é a temperatura, e isto foi considerado uma estratégia de análise. Portanto, adotou-se como estratégia a localização das cidades onde as IES estão situadas. Além disso, Vega et al. (2008) e Taghizadeh et al. (2012) notaram que o plástico é o material mais gerado em épocas quentes do ano por conta da hidratação humana com copos e garrafas plásticas. Portanto, as médias de geração desse material das IES serão utilizadas como parâmetro para comparar as IES.

A execução dessa estratégia foi realizada com base nas informações de temperatura média anual e latitude das cidades onde as instituições estão localizadas. Esses dados

foram obtidos nos *sites* Climateempo (s.d.), *Climate-Data* (s.d.), *Apolo11* (s.d.) e *LatLong* (s.d.). Para fins de visualização, a Figura 3 foi considerada; nela consta um mapa *mundi* com a localização regional de cada uma das instituições de ensino superior dos artigos analisados. O mapa foi dividido de acordo com as linhas de Trópicos e Equador imaginárias.

Com as informações de latitude e temperatura média anual de cada cidade onde a IES estiver localizada, a comparação sazonal foi baseada na geração média (%) de plástico entre as IES situadas em cidades com temperatura média anual acima de 20 °C e aquelas localizadas em locais abaixo de 20 °C.

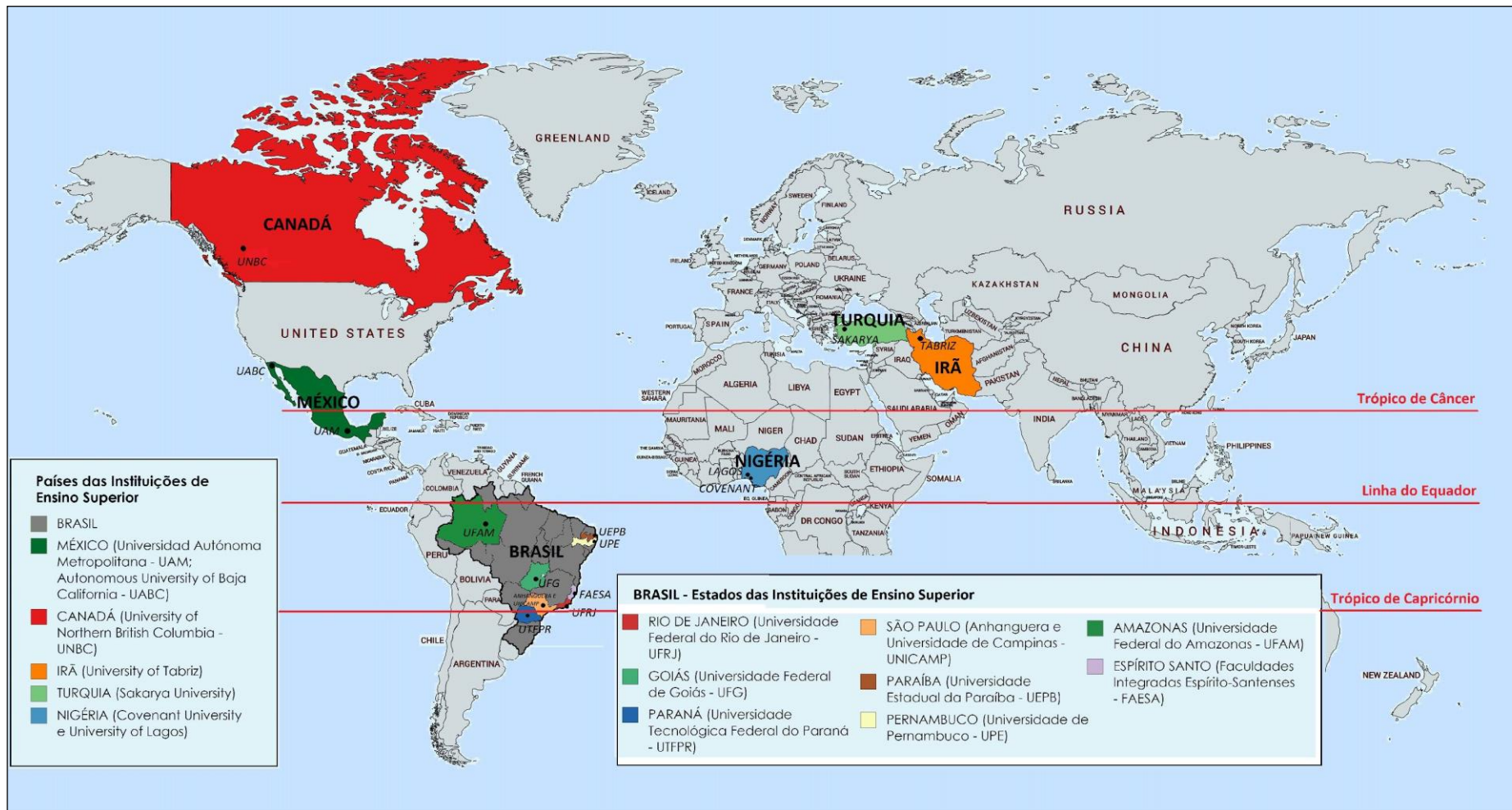


Figura 3 - Mapa mundi dividido na Linha do Equador e os Trópicos com a localização das IES estudadas

Fonte: Elaboração própria. 2018.

5.3 Descrição do cenário do Projeto Recicla CT na UFRJ

É realizada uma descrição do Programa Recicla CT, já que muito dos dados discutidos nesse trabalho são originados dele. O Programa Recicla CT, como já informado anteriormente, foi elaborado e é executado no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O CT é o segundo maior Centro de pesquisa da UFRJ localizado na Ilha do Fundão e conta com diversas unidades acadêmicas, que são a Escola Politécnica, a Escola de Química (EQ), o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano (IMA) e o Núcleo Interdisciplinar de Desenvolvimento Social (Nides) (UFRJ, 2017b).

De acordo com informações fornecidas pela Decania do CT (2017), o CT teve, em 2017, 6.400 alunos de graduação, 4.500 alunos de pós-graduação, 500 docentes e cerca de 600 funcionários técnico-administrativos, totalizando 12.000 pessoas. A Escola Politécnica possui 12 cursos de graduação e 14 de pós-graduação e a EQ conta com 4 cursos de graduação e 4 de pós-graduação; a COPPE oferece 12 programas de pós-graduação (UFRJ, 2017b). A Figura 4 mostra a localização do CT na Ilha do Fundão, no bairro Cidade Universitária.

O Programa Recicla CT atua parcialmente no Centro, onde não faz a coleta de alguns estabelecimentos do local, como algumas xérox e instituições financeiras (bancos). O Programa atua essencialmente na coleta de resíduos dispostos em coletores coloridos dos 9 blocos (A até I) que constituem o prédio do CT.

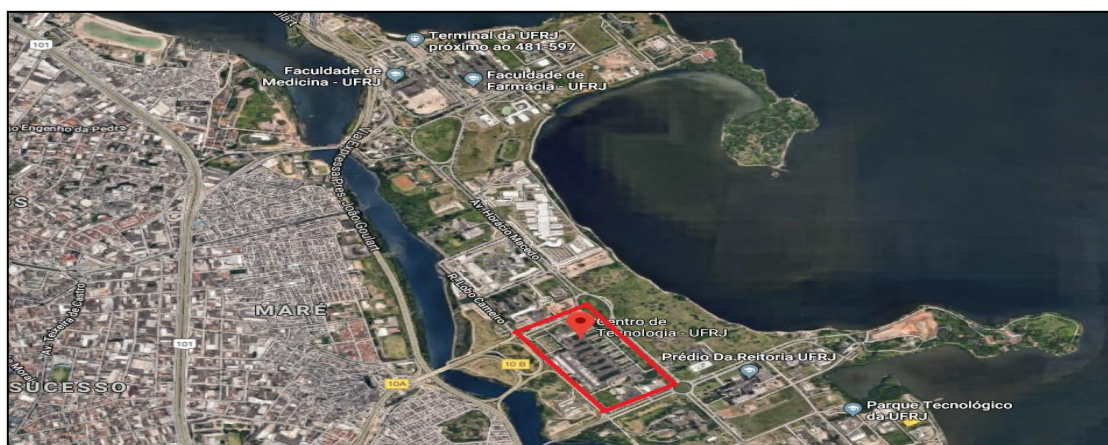


Figura 4 - Localização do Centro de Tecnologia (CT) – UFRJ na Ilha do Fundão/RJ

Fonte: Adaptado do Google Maps (2017).

Em entrevista pessoal com o coordenador do programa, foi informado que os dados da quantidade mensal de resíduos sólidos são obtidos de pesagens de materiais. Os dados semanais são anotados em planilhas pela equipe do Centro de Triagem do Recicla CT e entregues à equipe técnica responsável, que somam os resultados semanais de maneira que se obtenha o total mensal do quantitativo de cada material reciclável coletado (RECICLA CT, 2017a).

A equipe técnica também é responsável por compilar os dados obtidos e elaborar um relatório com resumo anual acerca do funcionamento do Recicla CT. Em 2016, foi feito um resumo sobre as metas alcançadas, ações cumpridas e a serem cumpridas para o ano seguinte com comparações sobre os resultados obtidos em anos anteriores e fornecimento de informações acerca das quantidades de material reciclável destinado às cooperativas de catadores, intitulado “Resumo 2016 – Programas Ambientais do CT”. Este resumo foi utilizado para verificar os procedimentos de coleta e encaminhamento de resíduos coletados no local. Ademais, foi elaborado um memorial das quantidades de materiais enviados às cooperativas entre os anos de 2010 a 2016, em toneladas, de acordo com o tipo de material como, por exemplo, o plástico com as subcategorias PET branca, PVC, PP e etc. com o título “Quantidade Mensal de Resíduos Encaminhados ao Centro de Triagem do Programa ReciclaCT” (ANEXO II).

O programa elabora e realiza o gerenciamento de resíduos recicláveis dispostos por geradores em *kits* de coletores coloridos espalhados pelos blocos do CT em pontos considerados estratégicos. Estes pontos são aqueles por onde há maior circulação de pessoas e próximos a locais de refeição, como os restaurantes e lanchonetes (RECICLA CT, 2017b). As pessoas que circulam pelo local podem descartar seus materiais segundo classificação CONAMA 275 (2001). Os materiais recicláveis, como papel, plástico e metal dispostos em coletores específicos são levados, separadamente, ao Centro de Triagem do Programa por carrinhos. Aqueles considerados não recicláveis e orgânicos putrescíveis são enviados às caçambas de resíduos comuns, localizadas próximas ao Centro de Triagem (RECICLA CT, 2017b). O presente projeto considera apenas os dados fornecidos dos resíduos enviados ao Centro de Triagem e classificados, que podem ser vistos no ANEXO II.

A metodologia descritiva e adotada pelo Recicla CT é mostrada no ANEXO III, que contém informações sobre as fontes dos resíduos e procedimentos de coleta, triagem e pesagem dos materiais recicláveis coletados. A caracterização mássica dos materiais triados é feita de acordo com os materiais mais gerados quantitativamente divididos em

categorias. As respectivas subcategorias foram determinadas ao longo dos anos, tendo-se como base a experiência de venda dos materiais por parte dos ex-catadores que participaram do programa.

Vale lembrar que os procedimentos do ANEXO III não são os mesmos sugeridos pela NBR de amostragem, de número 10.007:2004, pois, como já descrito, não realizam amostragem para a análise gravimétrica, e sim fazem a pesagem de todos os materiais coletados. Isso demonstra uma confiança maior nos dados.

5.3.1 Discussão e análises dos resíduos sólidos no CT/UFRJ

Para análise dos resíduos coletados no CT/UFRJ, considerou-se alguns parâmetros, que foram: número de alunos, temporal (períodos letivos), sazonal (estações do ano), e o desenvolvimento econômico do Brasil.

As análises foram realizadas com o auxílio dos dados fornecidos pelo Recicla CT, que foram compilados em planilhas do *software Microsoft Excel* (2016) e gráficos foram gerados para essa finalidade.

5.3.1.1 Relação das quantidades coletadas com população

Campos (2012) demonstrou que a geração de resíduos sólidos cresceu com o aumento populacional em diversos países. Ela se baseou em dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD), da *Environmental Protection Agency* (EPA/EUA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Ministério das Cidades do Brasil. Ela mostrou a relação da evolução do número de pessoas com a geração de resíduos sólidos urbanos de países com grandes populações e bom desenvolvimento econômico.

A população do CT/UFRJ foi um quesito considerado para verificar alguma relação com a geração de resíduos ao longo dos anos. A verificação foi possibilitada a partir dos dados da quantidade mássica de resíduos coletados no CT e o número de integrantes do CT (docentes, discentes e funcionários) em uma série histórica. Assim, foi possível verificar o comportamento da coleta ao passo que a população se altera durante o tempo.

O Recicla CT (2017a) forneceu os dados de coleta do período 2010 a 2016, porém a Decania do CT tinha informação apenas sobre a população de 2017 (UFRJ, s.d). Não haviam dados populacionais de 2010 a 2016 a fim de relacioná-los à coleta de resíduos. Portanto, não seria possível verificar a relação “Quantidade de resíduos x População” somente com o conhecimento desses dados.

Buscou-se, assim, estimar a população do CT/UFRJ. A metodologia utilizada foi adaptada de Medeiros et al. (2015) com base na variação anual (%) e descrita abaixo. Ela foi dividida em duas (2) etapas (i) e (ii), que estão resumidas nas Tabelas 5 e 6. Letras foram utilizadas para melhor compreensão.

i) A Reitoria da UFRJ (2016) disponibilizou dados sobre o número de alunos de graduação com matrícula ativa de 2013 a 2016 (A, B, C, D) no documento “A Graduação em Número, 2013 – 2016”, obtido por meio do site da instituição. Com base nesses dados, a população de graduandos de outros anos foi estimada com o uso da variação anual média populacional calculada de um ano para o outro (E, F e G). Os procedimentos para os cálculos da etapa (i) estão na Tabela 5.

Tabela 5 - Cálculo da variação anual média (%) do número total de alunos de graduação da UFRJ

SÉRIE HISTÓRICA	2013	2014	2015	2016
NÚMERO TOTAL DE ALUNOS DE GRADUAÇÃO COM MATRÍCULA ATIVA	A	B	C	D
VARIÇÃO ANUAL (%) (crescimento populacional)	2014 - 2013		2015 - 2014	2016 - 2015
	$E = \frac{B - A}{B}$		$F = \frac{C - B}{B}$	$G = \frac{D - C}{D}$
VARIÇÃO ANUAL MÉDIA (%)	$H = \frac{E + F + G}{3}$			

Sendo,

A = Número total de graduandos da UFRJ em 2013; B = Número total de graduandos da UFRJ em 2014;

C = Número total de graduandos da UFRJ em 2015; D = Número total de graduandos da UFRJ em 2016;

E = Crescimento populacional de 2013 a 2014; F = Crescimento populacional de 2014 a 2015;

G = Crescimento populacional de 2015 a 2016; H = Crescimento populacional médio de 2013 a 2016;

Fonte: Elaboração própria. 2018.

ii) Calculada a variação anual média percentual (H), o número total de graduandos com matrícula ativas de 2010 a 2012 (K, J e I) e 2017 (S) pôde ser estimado;

a) A Decania do CT (2018) informou, em seu site, o número de alunos (X) de graduação (UFRJ, s.d.). Considerando-se este o número referência do total de alunos de graduação matriculados no ano de 2017, os graduandos do CT correspondem a $Y = \frac{X}{D \times (1+H)}$ (%) em relação ao estimado total de 2017 da UFRJ ($D \times (1 + H)$);

b) Com o cálculo de Y, estimou-se o número de alunos de graduação de 2010 – 2016 no CT. Primeiro calculou-se 2016 = $D \times Y$; então 2015 = $C \times Y$; 2014 = $B \times Y$; 2013 = $A \times Y$; 2012 = $I \times Y$; 2011 = $J \times Y$; 2010 = $K \times Y$;

c) Por último, foi necessário conhecer o número total de geradores do CT (discentes, docentes e funcionários) para relacioná-lo às quantidades coletadas de 2010 a 2016 pelo Recicla CT (2017a). Isso foi feito com o dado do número total de alunos, professores e funcionários (Z) que a Decania do CT forneceu (DECANIA DO CT, 2018). Uma regra de três simples foi feita para o cálculo do número total de geradores para a série histórica desejada (2010 – 2016), necessária para a comparação dos dados de coletada do Recicla CT.

Os procedimentos para os cálculos da etapa (ii) estão na Tabela 6.

Tabela 6 - Procedimentos para estimar o número total de graduandos da UFRJ e do CT; e a população total do CT

Série histórica	2010 (K)	2011 (J)	2012 (I)	2013	2014	2015	2016	2017 (S)	Relação graduandos CT e UFRJ (Y) em 2017
Total de alunos de graduação na UFRJ	$J \times (1 - H)$	$I \times (1 - H)$	$A \times (1 - H)$	A	B	C	D	$D \times (1 + H)$	$Y = \frac{X}{D \times (1+H)}$
CT	Graduação	$R = K \times Y$	$Q = J \times Y$	$P = I \times Y$	$O = A \times Y$	$N = B \times Y$	$M = C \times Y$	$L = D \times Y$	
	População Total	$C' = \frac{(E' \times R)}{Q}$	$B' = \frac{(E' \times Q)}{P}$	$A' = \frac{(D' \times P)}{O}$	$W = \frac{(C' \times O)}{N}$	$V = \frac{(B' \times N)}{M}$	$U = \frac{(A' \times M)}{L}$	$T = \frac{(Z \times L)}{X}$	Z

Em azul: dados populacionais fornecidos; em amarelo: dados populacionais estimados

Sendo,

I = Número total de graduandos da UFRJ em 2012; J = Número total de graduandos da UFRJ em 2011;
K = Número total de graduandos da UFRJ em 2010; L = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2016;
M = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2015; N = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2014;
O = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2013; P = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2012;
Q = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2011; R = Número de graduandos do CT/UFRJ em 2010;
S = Número total de graduandos da UFRJ em 2017; T = População total do CT/UFRJ em 2016;
U = População total do CT/UFRJ em 2015; V = População total do CT/UFRJ em 2014;
X = População total do CT/UFRJ em 2017; W = População total do CT/UFRJ em 2013;
Y = Relação do nº de graduandos do CT e da UFRJ; Z = População total do CT/UFRJ em 2017;
A' = População total do CT/UFRJ em 2012; B' = População total do CT/UFRJ em 2011;
C' = População total do CT/UFRJ em 2010;

Fonte: Elaboração própria. 2018

5.3.1.2 Relação das quantidades coletadas com o calendário escolar

Os períodos letivos da graduação considerados, na UFRJ, são de março a julho para o 1º semestre e de agosto a dezembro para o 2º semestre. Em anos sem greve, é comum haver 15 dias de recesso, que se inicia na segunda quinzena de julho até o início de agosto, e um período de cerca de 2 meses de férias de janeiro a março. A análise mensal consistiu na soma das quantidades de todos os resíduos recicláveis secos coletados a cada mês de todos os anos para verificar quais os meses em que há maiores ou menores gerações e buscar explicações para essas variações considerando os meses de intensa presença de alunos de graduação para a realização de exames, meses de férias e recessos devido às datas festivas.

A greve é um instrumento legítimo que os integrantes de uma universidade utilizam para reivindicar algo. E as greves, como os períodos letivos, também influem na geração e conseqüentemente na coleta de materiais recicláveis. As quantidades de resíduos recicláveis secos foram totalizadas e analisadas a cada ano com o intuito de verificar o comportamento da quantidade coletada em anos de greve e anos pós-greve.

5.3.1.3 Relação da composição de plástico com a sazonalidade (clima)

A sazonalidade foi avaliada com base nos meses quentes e frios do ano. Foram consideradas as temperaturas da cidade do Rio de Janeiro, onde a UFRJ está localizada. Com base na observação de Vega et al. (2008) de que houve grande consumo de bebidas condicionadas em garrafas plásticas na UABC nos meses mais quentes do México, o plástico será usado como parâmetro para a avaliação de como o clima afeta no consumo desse material ao longo do ano.

Sabe-se que os meses mais quentes do ano são de dezembro a março, com médias de temperatura acima de 25°C, e os meses mais frios são de junho a agosto, com 20 °C podendo a chegar a mínimas de 15° C (CLIMATE-DATA.ORG, s.d.). Assim, foram verificados o percentual mássico (%) de plástico nos meses mais quentes em relação ao total coletado. É válido destacar que não serão comparadas as quantidades de plástico entre os meses quentes e frios, e sim a composição mássica (%) em cada um deles. Isso deve-se ao fato que a composição percentual mostrará se há mais plástico frente aos demais materiais em dado mês do ano.

5.3.1.4 Relação das quantidades coletadas com a economia do município

Houve o interesse em avaliar se crises econômicas causam impactos significativos na geração de resíduos mesmo em um ambiente pequeno como o do CT/UFRJ.

Para isso, utilizou-se o artigo de Campos (2012). A autora relacionou informações de Produto Interno Bruto (PIB) com a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) de países em uma escala de tempo. O PIB representa a soma, em valores monetários, de todos os bens e serviços finais produzidos numa determinada região durante um determinado período (IBGE, s.d.). O PIB per capita representa o quanto cada indivíduo possui caso a soma desses valores fosse distribuída igualmente para cada cidadão (ADVFN, s.d.).

Em seguida, conforme o que foi feito por Campos (2012), fez-se a mesma análise para as quantidades de resíduos recicláveis secos coletadas do CT, com a reunião de dados do PIB *per capita* do município do Rio de Janeiro, em reais (R\$), (CEPERJ, s.d.) e as quantidades totais coletadas no Centro, em quilogramas (kg) (RECICLA CT, 2017a) no período de 2010 a 2015 em que ambos possuem dados.

5.3.2 Comparação entre os resíduos coletados no CT/UFRJ aos do município do Rio de Janeiro

Também foi realizada a comparação da produção de resíduos em ambiente universitário e do município do Rio de Janeiro. Isto foi possível por meio dos dados fornecidos pelo documento de caracterização gravimétrica da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB), do ano de 2016, intitulado “Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade do Rio de Janeiro”, elaborado pela Diretoria Técnica e de Logística e a Gerência de Pesquisas da empresa (COMLURB, 2016). No documento foram fornecidos dados das quantidades de resíduos de 2010 a 2016, que serão comparados à mesma série histórica do CT/UFRJ.

5.3.3 Estimativas futuras de coleta de resíduos recicláveis no CT/UFRJ

Os procedimentos de estimativa de quantidades futuras de resíduos seguiram a seguinte ordem: estimar a população futura conforme Sobrinho e Tsutyia (2011) para então calcular a quantidade futura de resíduos coletadas futura de acordo com a metodologia I.P.A.T (Medeiros et al., 2015).

As populações totais de 2010 a 2016 (discentes, docentes e funcionários) do CT/UFRJ foram estimadas de acordo com a metodologia descrita no item “relação das quantidades coletadas e população”. Elas foram utilizadas para estimar as populações futuras, de 2017 a 2036, relacionando-a às quantidades de resíduos estimadas para o mesmo período. Isto permitiu o cálculo da geração *per capita* anual, adaptada da metodologia de Palavinel e Sulaiman (2014) e Coker et al. (2016), que enunciaram a fórmula de Taxa de Geração per capita diária (TGP). Para fins de comparação e visualização, foram estimadas populações de 5 em 5 anos, ou seja, de 2021, 2026, 2031 e 2036.

5.3.3.1 Estimativas de populações futuras do CT/UFRJ

A população futura, em uma projeção de 20 anos, foi estimada com o auxílio da metodologia matemática proposta do livro “Coleta e Tratamento de Esgoto Sanitário” (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011). Segundo os autores, as populações podem ser

estimadas nas formas aritmética, geométrica ou por curva logística. Para isso, foi necessário conhecer a população de, pelo menos, os três (3) últimos censos da UFRJ – 2014 a 2016. A população de 2017 também foi estimada. De acordo com os autores essas estimativas são feitas segunda a Tabela 7.

Tabela 7 - Métodos matemáticos de projeção de população de projeto

Métodos matemáticos de projeção de população de projeto (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011)		
Aritmético	Geométrico	Curva logística
$P = P_2 + K_a (T - T_2)$ <p>(Eq. 2)</p>	$\ln P = \ln P_2 + K_g (T - T_2)$ <p>(Eq. 4)</p>	$P = \frac{K}{1 + e^{a-b \cdot (T - T_0)}}$ <p>(Eq. 6)</p>
Sendo,		
$K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1}$ <p>(Eq. 3)</p>	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{T_2 - T_1}$ <p>(Eq. 5)</p>	$K = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2}$ <p>(Eq. 7)</p> $b = \left(\frac{-1}{0,4343 \cdot d} \right) \cdot \log \frac{P_0(K - P_1)}{P_1(K - P_0)}$ <p>(Eq. 8)</p> $a = \left(\frac{1}{0,4343} \right) \cdot \log \frac{K - P_0}{P_0}$ <p>(Eq. 9)</p>

Em que,

T = ano da projeção (20 anos). No caso, será de 2037;

P₀ e T₀ = População e ano do primeiro censo; P₁ e T₁ = população e ano do penúltimo censo;

P₂ e T₂ = população do último censo; K_a = constante;

K_g = taxa de crescimento geométrico; K = limite saturação;

a e b = parâmetros; d = intervalo constante entre os anos T₀, T₁ e T₂.

Fonte: SOBRINHO & TSUTIYA, 2011.

Também é válido lembrar que a curva logística pode ser utilizada se forem respeitadas as seguintes premissas: P₀ (T₀), P₁ (T₁) e P₂ (T₂) sejam espaçados igualmente no tempo, com T₁ - T₀ = T₂ - T₁ e P₀, P₁ e P₂ sejam tais que P₀ < P₁ < P₂ e P₀ · P₂ < P₁² (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011).

- O site da Decania do CT informou que, em 2017, haviam 6.400 alunos de graduação e isso equivale a cerca de 12% da população total de graduandos em 2017 de 54.309 alunos;
- Para a população futura do CT/UFRJ, foi considerado os mesmos 12% da população futura total da UFRJ até 2036, obtida por meio dos métodos matemáticos (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011).

Segundo os autores (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011), o método matemático escolhido pode ser aquele que condiz com a realidade do projeto e à livre escolha. No entanto, é recomendável que os métodos aritmético e geométrico sejam usados para estimativas futuras de até 5 anos; caso contrário, podem gerar resultados muito discrepantes.

A verificação das discrepâncias dos resultados obtidos nas amostras foi feita com base nos conceitos do livro de estatística aplicada do autor Montgomery (2009). Para tanto, o Intervalo de Confiança, que indica a precisão da medida, de cada um dos métodos matemáticos acima foi calculado com o uso da Distribuição Normal, um método comum que, segundo o autor, talvez seja o mais importante. Esse intervalo foi calculado com funções do *software Microsoft Excel* (2016), da seguinte maneira:

- Tamanho das amostras (n) com a função do excel: “**CONT.NÚM(valor 1; [valor 2];...)**”;
- Desvio-padrão das amostras com a função do excel: “**=DESVPAD.A(núm1; [núm2]; ...)**”, que usa a seguinte fórmula: $desvpad = \sqrt{\frac{\sum(x-média)^2}{(n-1)}}$;
- Nível de confiança considerado: 95%;
- Margem de erro, com distribuição normal com a função do excel é: “**=INT.CONFIANÇA.NORM(alfa,desv_padrão,tamanho)**”, que usa a fórmula $intconf = média \pm 1,95 \times \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$;
- Média amostra com a função do excel: “**=MÉDIA(núm1; [núm2];...)**”, que usa a seguinte fórmula: $média = \frac{\sum x}{n}$;
- Limite superior (+) / inferior (-): Média \pm Margem de erro.

Os resultados obtidos da “margem de erro” de cada Intervalo de Confiança calculado para o respectivo método foram comparados. A partir deles, o método com a menor margem de erro (discrepância) resultante foi o escolhido.

5.3.3.2 Estimativas futuras de quantidades de resíduos coletados no CT/UFRJ

Para estimar as quantidades coletadas de resíduos futuramente, primeiro foi necessário estimar a coleta de 2017 a 2036 com o auxílio dos dados do CT/UFRJ de 2010 a 2016 (RECICLA CT, 2017a). Essa estimativa foi feita com base na metodologia I.P.A.T (I = quantidade de resíduos; P = população; A = PIB *per capita*; T = fator tecnológico) de previsão adotada por Medeiros et al. (2015) que estimaram a geração futura de resíduos sólidos para a cidade de João Pessoa, no Estado da Paraíba. Esse método possibilita o cálculo da massa de resíduos em uma escala de tempo (I) e, para isso, utilizam-se taxas de variação relativas referentes à população (P), PIB *per capita* (A) e desenvolvimento tecnológico (T). O resultado é uma taxa de variação absoluta (I), determinada em percentual (%). Medeiros et al. (2015) estimaram o crescimento, ou redução, da produção de RSU de um ano para o outro. Com o auxílio da Equação 10, é possível estimar a variação relativa do fator tecnológico ($\Delta T/T$) com o conhecimento das variações anuais relativas da massa de resíduos ($\Delta I/I$) (RECICLA CT, 2017a), população ($\Delta P/P$) (UFRJ, 2016) e PIB *per capita* do Brasil ($\Delta A/A$) (IBGE, s.d.).

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{\Delta P}{P} + \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta T}{T} \text{ (Eq. 10)}$$

A projeção futura de geração de resíduos foi feita em três (3) cenários seguindo os passos abaixo (MEDEIROS et al., 2015):

- ($\Delta P/P$): Calculada a taxa média de variação relativa populacional de 2010 a 2016, sendo ela adotada e mantida constante;
- ($\Delta A/A$): Calculada a taxa média de variação relativa de PIB *per capita* de 2010 a 2016, sendo ela adotada e mantida constante;
- ($\Delta T/T$): Este fator foi calculado com o auxílio da Equação 10 uma vez que I, P e A já foram encontrados anteriormente. Foi feita a escolha de três cenários possíveis com a taxa de variação relativa do fator tecnológico mantida constante, mas com valores diferentes para cada cenário: cenário II corresponde à média do período calculado; cenário I e cenário III correspondem ao valor abaixo e acima do valor médio calculado e utilizado para o cenário II. Segundo os autores, esse fator é a principal incerteza do método, por serem diferentes dentre os casos.

- Com o cálculo de $(\Delta P/P)$, $(\Delta A/A)$ e $(\Delta T/T)$, a taxa de variação relativa de massa total de resíduos $(\Delta I/I)$ foi calculada com o auxílio da Equação 9 para cada um dos cenários propostos para o período de 2017 – 2036.

As literaturas utilizadas para o cálculo da estimativa de produção *per capita* de resíduos futura no CT estão na Tabela 8.

Tabela 8 - Pesquisas sobre estimativa de geração de resíduos sólidos

Título do artigo		Autores
1	<i>Generation and Composition of Municipal Solid Waste (MSW) in Muscat, Sultanate of Oman</i>	PALAVINEL & SULAIMAN, (2014)
2	<i>Solid Waste Management Practices at a Private institution of Higher Learning in Nigeria</i>	COKER et al., (2016)

Fonte: Elaboração própria. 2017.

PALAVINEL e SULAIMAN (2014) mostram que a taxa de geração per capita é calculada segundo a Equação 11.

$$TGP = \frac{\text{resíduos gerados/dia}}{\text{População}} \quad (\text{Eq. 11})$$

COKER e colaboradores (2016) estimaram a geração de resíduos segundo a Equação 12.

$$TGP = \frac{\text{quantidade de resíduos total}}{\text{População x dias de geração}} \quad (\text{Eq. 12})$$

Esses artigos foram escolhidos como referência pela facilidade de cálculo. Um foi desenvolvido para geração em cidades (PALAVINEL & SULAIMAN, 2014) e o outro foi utilizado para estimar a geração em uma universidade (COKER et al., 2016), porém ambas resultam produtos iguais matematicamente.

Os dias de geração considerados são os dias letivos da UFRJ. Tem-se, como base, o calendário acadêmico de 2018, disponibilizado no site da Reitoria, que indica 249 dias do ano letivo, contando sábados, domingos e feriado e excluindo-se os dias de feriados. Esse ano foi utilizado por ser um calendário regular, em que não houveram greves nos anos anteriores. Os cálculos das projeções de população e geração futura foram feitas com o auxílio do *software Microsoft Excel* (MICROSOFT, 2016)

5.3.4 Análise comparativa entre resíduos do CT/UFRJ e de outras universidades

Na análise que compara especificamente os resíduos coletados no CT/UFRJ aos de todas as outras IES, a composição de cada tipo de material (papel, plástico, metal, vidro e outros) foi comparada.

Para isso, novas médias de cada um dos resíduos foram calculadas para todas as universidades desconsiderando-se os dados da UFRJ. O novo resultado possibilitou a comparação e discussão da composição de todas as IES reunidas aos dados de coleta da UFRJ. Então, pode-se identificar possíveis particularidades encontradas na composição de materiais recicláveis do CT/UFRJ e que não foram observadas para as demais IES.

6. RESULTADOS

6.1 Análises de casos de estudo sobre resíduos recicláveis gerados em instituições de ensino superior no Brasil e em outros países

Os artigos analisados das universidades definiram os principais parâmetros a serem estudados que foram a relação do crescimento populacional e geração, a importância do período letivo na geração de resíduos (VEGA et al., 2008), condições climáticas durante o ano (TAGHIZADEH, 2012) e impactos da economia na composição de resíduos (ADENIRAN et al., 2017).

As figuras mostradas a seguir sobre a geração dos resíduos sólidos das universidades incluem os materiais recicláveis que mostram maior relevância e que são comuns para todos os trabalhos analisados, com papel, plástico, metal, vidro e outros, permitindo assim uma melhor comparação. As composições estimadas de cada material das universidades estão na Figura 5 e permitiram verificar as particularidades de cada universidade.

É bom lembrar que a categoria “outros” foi recalculada, considerando-se qualquer material sólido e com potencial de reciclagem menos papel, plástico, metal e vidro. Todos os demais resíduos considerados recicláveis pelos autores foram reunidos, como

madeira, isopor, couro etc. Em alguns casos, representou grande representação na composição, pois a soma de diferentes materiais (ANEXO I), mesmo em pequenas quantidades, podem ser maiores que as quantidades dos materiais (papel, plástico, vidro e metal) considerados individualmente.

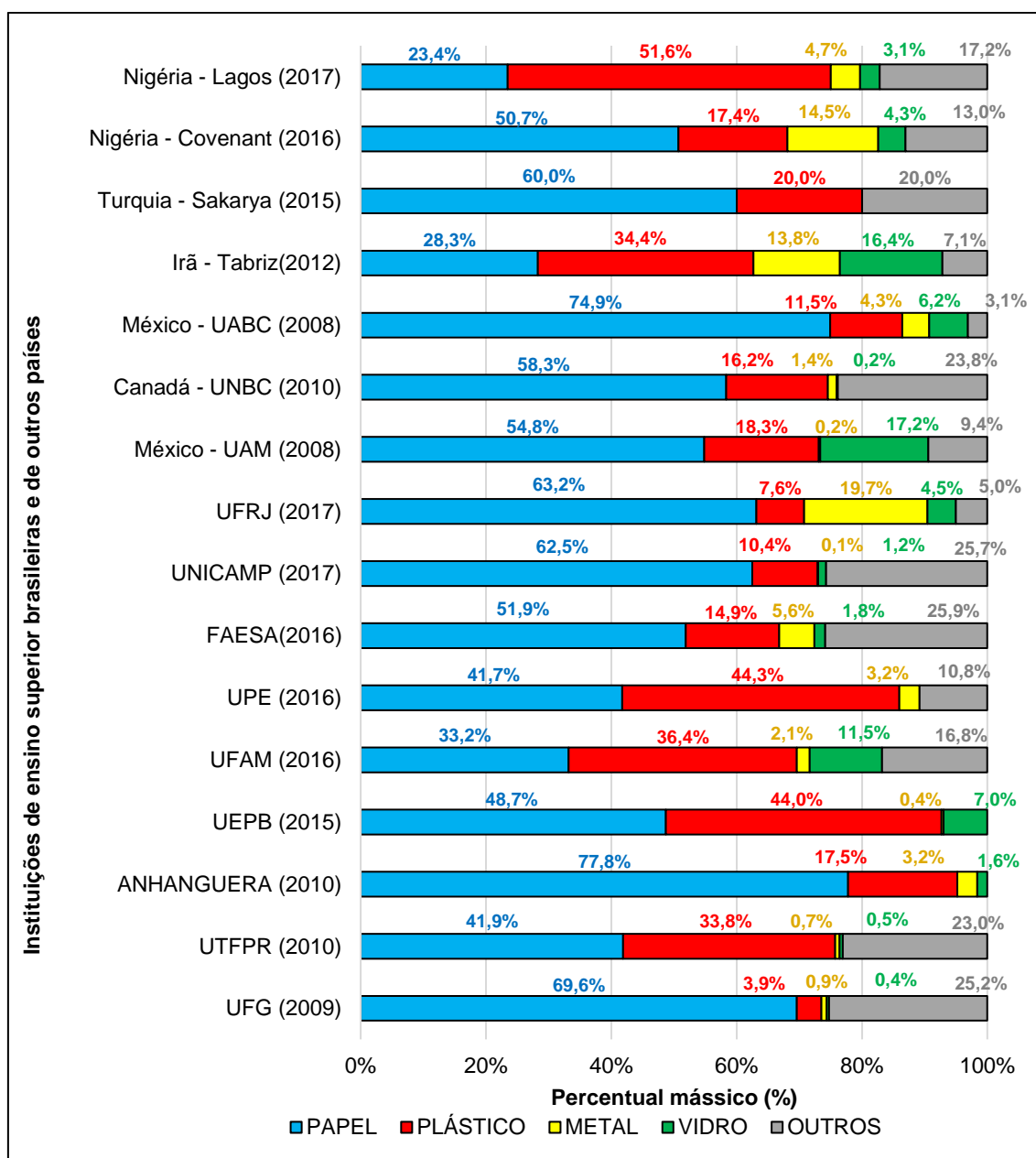


Figura 5 - Percentual mássico da composição de resíduos recicláveis de diferentes universidades

Fonte: (CRUZ et al., 2009; NARDY et al., 2010; GONÇALVES et al., 2010; SOUSA et al., 2015; CAETANO et al., 2016; SILVA et al., 2016; KER et al., 2017; FAGNANI & GUIMARÃES, 2017; RECICLA CT, 2017a; ESPINOSA et al., 2008; VEGA et al., 2008; SMYTH et al., 2010; TAGHIZADEH et al., 2012; BOYSAN et al., 2015; COKER et al., 2016; ADENIRAN et al., 2017).

A partir da Figura 5, é possível confirmar que o papel possuiu o maior percentual mássico na composição dentre os resíduos coletados na maioria das IES. A alta quantidade de papel em relação aos demais materiais também foi observada por Fagnani e Guimarães (2017) na UNICAMP, com 51%; e por Nardy et al. (2010) com informação sobre a Universidade Anhanguera, 78%; e por Caetano et al. (2016), sobre a UFAM, 33%. As exceções observadas foram os casos da UPE (SILVA et al., 2016), 44%, UFAM (CAETANO et al., 2016), 36%, *University of Tabriz* (TAGHIZADEH et al., 2012), 34% e *University of Lagos* (ADENIRAN et al., 2017), 52%.

A categoria “outros” possuiu a segunda maior parte da composição percentual (mássica) de resíduos em algumas IES – UFG (25%), FAESA (26%), UNICAMP (26%) e UNBC (24%), por ter englobado vários tipos de resíduos. As demais mostraram que plástico foi o segundo material com maior relevância na composição à exceção da UFRJ (RECICLA CT, 2017a), a qual a quantidade de metal (19%) foi a segundo maior após o papel (63%).

Assim, considerando todas as universidades, o segundo maior percentual mássico foi do plástico, que, somado ao papel, chegam a mais de 65% da composição de resíduos recicláveis. A composição mássica de plástico é destaque na UPE (SILVA et al., 2016) e UFAM (CAETANO et al., 2016). A UEPB (SOUSA et al., 2015) também apresentou alta quantidade, com 44%. Todas essas universidades citadas são localizadas em cidades com temperaturas médias acima de 25°C, clima quente. De acordo com o Climatempo (s.d.), as temperaturas médias, em uma série histórica de 30 anos, são de 26,6°C em João Pessoa/PB (UEPB), 25,5°C em Recife/PE (UPE) e 27,4°C em Manaus/AM (UFAM). E verificou-se que essas universidades produzem muito plástico em relação às demais IES. Isso pode ser relacionado à observação de Vega et al. (2008), que explicaram que garrafas e copos descartáveis plásticos são produtos utilizados para hidratação em períodos quentes.

O estudo da composição auxiliou alguns autores a fazerem observações sobre a composição dos resíduos. Dentre as IES brasileiras, apenas Ker et al. (2017) relacionaram a geração de resíduos à presença de alunos no *campus* em dias da semana, anualmente e por turno (manhã, tarde e noite), considerando os anos de 2016 e início de 2017. Na UFRJ (RECICLA CT, 2017b) e no estudo da UEPB (SOUSA et al., 2015) discutiu-se sobre as quantidades de metal e vidro. Apesar dessas discussões sobre as quantidades geradas, em nenhum dos estudos houve a análise da composição de cada material separadamente, relacionando sua geração a algum aspecto, como climático ou econômico.

De forma geral, foi constatado o mesmo padrão de geração considerando a média nas universidades brasileiras e as estrangeiras, com papel, seguido de plástico e metal entre os três materiais mais gerados, em ordem decrescente. O detalhamento da composição percentual (mássica) de cada material das respectivas instituições de ensino superior pode visto no ANEXO IV.

Ao contrário dos artigos sobre as instituições brasileiras, os autores dos artigos em universidades de outros países analisaram as quantidades dos materiais mais gerados e explicaram as particularidades observadas, com exceção o da *Sakarya University* (BOYSAN et al., 2015). Essa discussão foi organizada e disposta na Tabela 9.

Boysan et al. (2015) não mencionaram alguma singularidade quanto à composição dos resíduos na *Sakarya University*, pois a pesquisa avalia a possibilidade de implantação de recicladoras no campus por meio do levantamento de seus resíduos com potencial de reciclagem.

Tabela 9 - Informações relevantes, segundo os autores, sobre a composição de resíduos em instituições de ensino superior

Instituição de ensino superior	Informações relevantes sobre composição de resíduos recicláveis relatadas pelos autores de estudos no Brasil	Referência
UFG	Cruz et al. (2009) constataram que mais da metade dos resíduos coletados tinham potencial de reciclagem. No entanto, não fizeram análise sobre particularidades de cada material recicláveis gerado.	CRUZ et al., 2009
UTFPR	Avaliaram que muitos resíduos com potencial de reciclagem eram destinados à aterros sanitários. Não analisaram as quantidades de cada material separadamente.	GONÇALVES et al., 2010
Anhanguera	Os resultados mostraram que o papel foi o resíduo mais coletado de maneira geral (78%), seguido de plástico (18%), metal (3,2%) e vidro (1,6%). Não fizeram análises sobre esses resíduos sólidos, apenas para os orgânicos, relacionando-os à maior presença de alunos durante todo o dia nos períodos letivos.	NARDY et al., 2010
UEPB	Os autores notaram que o papel é o material mais gerado (49%); pontuaram que metal e vidro (0,4% e 7%) são reutilizados em uma usina de reciclagem no lixão de uma cidade do Estado da Paraíba e, por isso, possuem menores quantidades.	SOUSA et al., 2015
UFAM	Observaram que o papel é o mais descartado, seguido do plástico, nos diversos coletores da Faculdade de Tecnologia dessa IES. É válido destacar a palavra “descartado”, pois eles analisaram a presença do papel nos coletores, porém não analisaram a composição resultante dos resíduos coletados, que tem o plástico (36%) em primeiro, seguido do papel (33%).	CAETANO et al., 2016
UPE	Fez uma análise geral similar ao que foi feito na UFG, ou seja, verificaram que mais de 70% dos resíduos coletados poderiam ser reciclados.	SILVA et al., 2016
UNICAMP	Os autores observaram o mesmo que os demais: o papel foi o resíduo mais gerado (63%).	FAGNANI & GUIMARÃES, 2017
UFRJ	No CT/UFRJ, o programa de coleta seletiva – Recicla CT (2017b), responsável pela gestão de resíduos do local, informou em entrevista que a grande coleta de metal (20%) ocorre por que não há participação de catadores independentes dentro da universidade realizando coleta, portanto os metais descartados são coletados pelo próprio Programa Recicla CT.	(RECICLA CT, 2017b)

Tabela 9 - Particularidades sobre a composição de resíduos em instituições de ensino superior (**Continuação**)

Instituição de ensino superior	Informações relevantes sobre composição de resíduos recicláveis relatadas pelos autores de estudos em outros países	Referência
UAM	O plástico teve baixa porcentagem na composição (4%) por conta do reduzido valor de mercado. Foram coletados apenas o plástico PET, que tem alto valor para a indústria de reciclagem, e desconsideraram os outros tipos de plástico considerados de baixo valor local. Os autores quantificaram os resíduos recicláveis que eram enviados à recicladoras e confirmaram que a coleta seletiva é planejada de acordo com o interesse econômico do mercado. Os materiais são coletados e estimados separadamente, e são enviados às empresas de reciclagem instaladas na região, pois há um comprador interessado.	(ESPINOSA et al., 2008)
UABC	Possui a maior porcentagem de papel (75%) em relação às outras universidades. Os autores indicaram que a porcentagem de papel poderia ter sido ainda maior se o papel não fosse misturado aos demais resíduos, como orgânicos putrescíveis, que acarretou na redução do potencial de reciclagem.	(VEGA et al., 2008)
UNBC	Smyth et al. (2010) relacionaram a alta porcentagem de papel e papelão aos hábitos de consumo dos canadenses em que consomem líquidos quentes em recipientes, cujos materiais permitem o armazenamento de calor. Também explicaram que esses materiais são utilizados em todas as épocas do ano em virtude da administração das diversas atividades acadêmicas.	(SMYTH et al., 2010)
<i>University of Tabriz</i>	A maior geração de plástico (32%) em relação ao papel (26%) é observada nesta universidade. Os autores destacaram que o plástico possui grande relevância na geração por conta do uso desses materiais para hidratação.	(TAGHIZADEH et al., 2012)
<i>Covenant University</i>	Todos os materiais que possuem alto valor de mercado (plástico, metal e papéis laminados) são coletados e vendidos por catadores do lixão de disposição final onde a universidade envia seus resíduos. Eles destacaram que as altas porcentagens de papel, plástico e metais se deve ao consumo de lanches e bebidas em lata por parte dos usuários.	(COKER et al., 2016)
<i>University of Lagos</i>	Também há maior geração de plástico (33%) em relação ao papel (15%). Adeniran et al. (2017) explicaram que garrafas de plástico de água são muito vendidas no campus, sendo elas muito utilizadas como garrafas de água temporárias reutilizáveis que podem ser preenchidas mais de uma vez. Além disso, há grande utilização de sacola plástica como coletor em lixeiras comuns. Quanto ao papel, a baixa produção ocorreu por conta de esforços de gestão de resíduos da própria universidade com uma política de redução do consumo desses materiais.	(ADENIRAN et al., 2017)

Fonte: Elaboração própria. 2017.

O padrão de geração (hierarquização) foi feito unicamente com os dados de composição referentes aos tipos de materiais papel, plástico, vidro e metal. Alguns outros materiais podem ser exclusivos de algumas IES, como o couro (COKER et al., 2016; ADENIRAN et al., 2017) e madeira (GONÇALVES et al., 2010; TAGHIZADEH et al., 2012; KER et al., 2017) e impossibilitam comparações. A hierarquização foi definida com as médias de composição de resíduos (%) para as IES brasileiras e para as IES de outros países. A Figura 6 mostra esses padrões encontrados.

Imaginou-se que a composição de resíduos recicláveis de universidades de outros países pudesse ser diferenciada em relação àquela em universidades brasileiras, pois as condições econômicas e climáticas são distintas em cada país, contudo apresentaram matematicamente quase a mesma composição de resíduos. Comparando-se os percentuais de papel gerados nas universidades brasileiras (54%) e estrangeiras (50%), houve diferença de 4%. Os outros materiais possuem quase que a mesma composição, com diferenças percentuais abaixo de 2%.

Com os padrões de geração definidos, buscou-se compará-los com base nas análises dos fatores previamente estabelecidos no item Metodologia, que foram: relação da população e geração de resíduos populacional; temporal; sazonal (clima); e econômica.

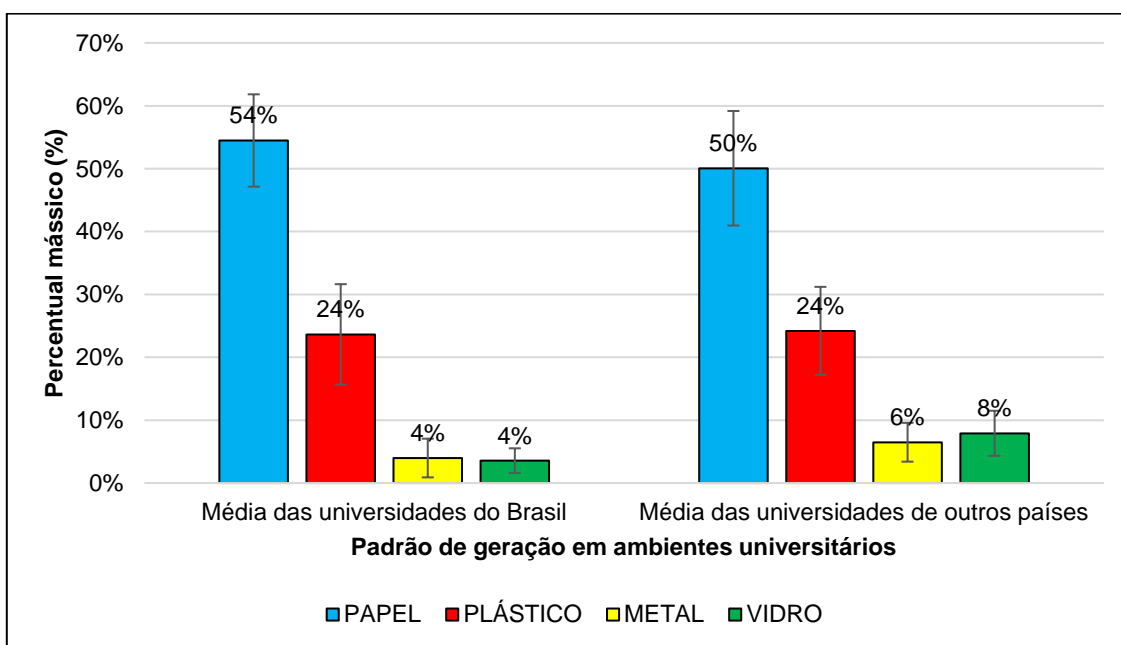


Figura 6 – Padrão de geração: percentual mássico médio (%) dos materiais recicláveis em instituições de ensino superior. A barra de erro representa o respectivo desvio padrão.

Fonte: Elaboração própria. 2018.

É possível que o papel seja mais gerado nas IES do Brasil por falta de campanhas de educação ambiental para a minimização de geração. Taghizadeh et al. (2012) afirmaram que é necessária a educação ambiental para reduzir a quantidade de papel gerado. Não houve relatos sobre essas campanhas nas pesquisas em IES brasileiras. Já nos artigos de outros países, Vega et al. (2008), Smyth et al. (2010) e Adeniran et al. (2017) mencionaram que há campanhas específicas com resultados positivos em diversas IES do mundo. Por exemplo, na *University of Lagos* (ADENIRAN et al., 2017) houve campanha bem-sucedida para minimização do papel gerado, o qual apresentou esse material com a menor representação na composição dentre todas as outras universidades (23%), o que comprovou a sua eficiência.

Relação da composição de plástico com a sazonalidade

Não foi possível realizar todas as análises comparativas estabelecidas, pois seriam necessários dados de uma série histórica – caso da UFRJ de 2010 a 2016 (RECICLA CT, 2017a). Para a comparação entre as IES, a única possível foi a sazonal. Ela foi possível com base na observação de Vega et al. (2008) e Taghizadeh et al. (2012), que relataram que as condições climáticas da região onde as universidades estão instaladas poderiam ter grande impacto na composição dos resíduos das universidades na geração de plástico.

Como já explicado na Metodologia, a estratégia para avaliar o impacto do clima sobre a geração de plástico nas IES foi realizada com base na Latitude da cidade onde a universidade está localizada e a respectiva temperatura média desse local. A Figura 3 mostra a localização das cidades onde as universidades estão localizadas. A ordem de proximidade das universidades brasileiras e a de outros países à Linha do Equador e suas respectivas temperaturas pode ser vista na Tabela 10. A estratégia adotada foi separar e comparar as IES de cidades que estão mais próximas da Linha do Equador e que apresentam temperaturas médias anuais acima de 20° C daquelas que estão mais distantes e com média de temperatura abaixo de 20° C.

Tabela 10 - Percentual mássico de plástico e as temperaturas médias das cidades onde estão localizadas as universidades considerando distância do Equador e Trópicos

País	IES	Cidade	Temperatura média anual da cidade (°C)	Latitude (°, ')	Percentual mássico de plástico coletado (%)	
Outros países	Canadá	UNBC	Prince George	4,1	53,9	16
	Turquia	Sakarya University	Adapazarı	14,3	40,8	20
	Irã	University of Tabriz	Tabriz	11,6	38,0	34
	México	UABC	Mexicali	22,4	32,6	12
		UAM	Cidade do México	15,9	19,3	18
	Nigéria	University of Lagos	Ota	27,4	8,0	52
Covenant University		Lagos	27,0	6,5	17	
Brasil	UFAM	Manaus (Amazonas)	27,4	-3,1	36	
	UEPB	João Pessoa (Paraíba)	25,2	-7,1	44	
	UPE	Recife (Pernambuco)	25,8	-8,0	44	
	UFG	Goiânia (Goiás)	23,1	-16,7	4	
	FAESA	Vitória (Espírito Santo)	24,8	-20,3	15	
	UFRJ	Rio de Janeiro (RJ)	23,2	-22,9	8	
	Anhanguera	Várias cidades (SP)	18,5	-23,3	18	
	UNICAMP	São Paulo (SP)	18,5	-23,3	10	
	UTFPR	Francisco Beltrão (Paraná)	18,2	-26,0	34	

Afastamento da Linha do Equador (Latitude 0°)

Fonte: Adaptado de Climate-Data.org (s.d.); Apollo11.com (s.d.); LatLong.net (s.d.). Climatempo (s.d.). 2018.

A comparação das gerações médias de plástico nas universidades selecionadas pode ser vista na Figura 7.

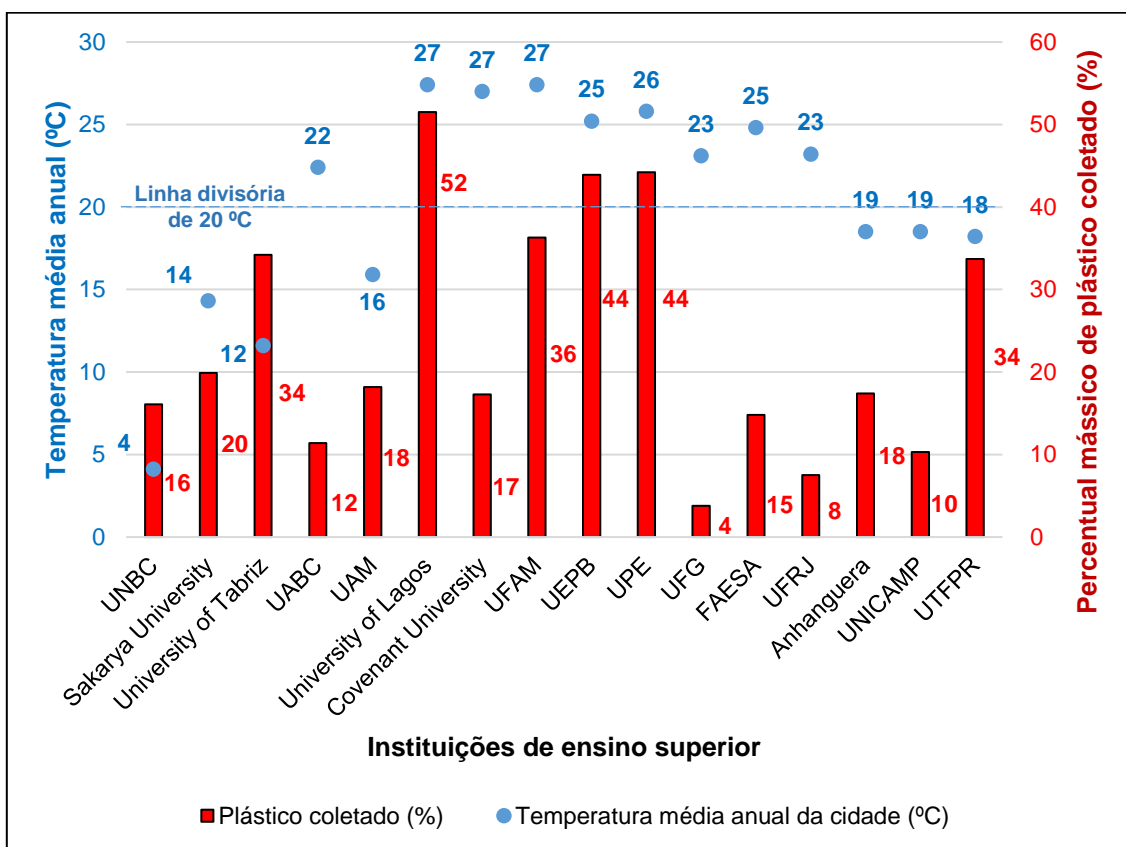


Figura 7 - Percentual mássico de plástico e as temperaturas médias das cidades onde estão localizadas as universidades

Fonte: Elaboração própria. 2018.

A relação de geração com o clima parte do princípio que, quanto mais próximo à Linha do Equador, mais quente e, por consequência, deve haver maior consumo de líquidos em recipientes plástico, como garrafas e copos plástico, para fins de hidratação (VEGA et al., 2008; TAGHIZADEH et al., 2012). A discussão e análise detalhada dos resultados obtidos a partir da Figura 7 está na Tabela 11.

O detalhamento das gerações (% mássico) de plástico de cada uma das universidades pode ser visto no ANEXO IV.

Tabela 11 - Análise comparativa sazonal (clima) do % mássico de plástico

Análise comparativa sazonal - discussão da composição mássica (%) entre as IES selecionadas com temperatura anual média acima e abaixo de 20° C		
<p>IES em cidades com temperatura média acima de 20° C</p> <p>-</p> <p>9 IES entre 16 IES estudadas</p>	<p>IES com as menores gerações de plástico</p>	<p>IES com as maiores gerações de plástico</p>
	<p>A UABC (ESPINOSA et al., 2008), UFG (CRUZ et al., 2009) e UFRJ (RECICLA CT, 2017a) contribuíram para a redução da média estimada (26%), pois elas possuem médias, respectivamente, de 3,9%, 7,6% e 11,5%. Todas elas estão mais afastadas da Linha do Equador, e acima de 10° de latitude.</p>	<p>À exceção da <i>Covenant University</i> (COKER et al., 2016), as maiores médias de geração desse material encontram-se em IES situadas em Latitudes mais próximas à da Linha do Equador (0°), em até -10°, que são a UEPB, com 44% (SOUSA et al., 2015); UFAM, 36% (CAETANO et al., 2016); UPE, 44% (SILVA et al., 2016); e <i>University of Lagos</i>, 52% (ADENIRAN et al., 2017).</p>
<p>IES em cidades com temperatura média abaixo de 20° C</p> <p>-</p> <p>7 IES entre 16 IES estudadas</p>	<p>IES com as menores gerações de plástico</p>	<p>IES com as maiores gerações de plástico</p>
	<p>As universidades localizadas mais distantes da Linha do Equador e com temperaturas médias anuais abaixo de 20° C resultaram em médias de geração de plástico abaixo de 20% (ESPINOSA et al., 2008; SMITHY et al., 2010; NARDY et al., 2010; FAGNANI & GUIMARÃES, 2017). No verão, as cidades onde estão localizadas essas IES apresentam temperaturas abaixo de 26 °C, e inverno abaixo de 20 °C.</p>	<p>A UTFPR (GONÇALVES et al., 2010) e <i>University of Tabriz</i> (TAGHIZADEH et al., 2012) possuíram média de 34% para o plástico. Taghizadeh et al. (2012), de Tabriz explicaram que a alta geração de plástico está relacionada ao verão do país, quente e seco, que pode alcançar temperaturas de até 40°C. Similar ocorre em Francisco Beltrão (UTFPR), com temperaturas de até 30° no verão (CLIMATEMPO, s.d.). Apesar disso, nenhuma explicação foi dada por parte de Gonçalves et al. (2010) na UTFPR quanto à geração de plásticos.</p>

Fonte: Elaboração própria. 2018.

6.2 Discussão sobre os resíduos sólidos recicláveis coletados no CT/UFRJ

Foram coletadas, em média de 2010 – 2016, cerca de 41 toneladas de papel (63%), 5 toneladas de plástico (8%), 13 toneladas de metal (19%) e 3 toneladas de vidro (5%) – Figura 8 pelo Recicla CT. O detalhamento da série histórica, 2010 a 2016, das

quantidades pesadas de cada material coletado pelo Recicla CT (2017a) pode ser visto no ANEXO II.

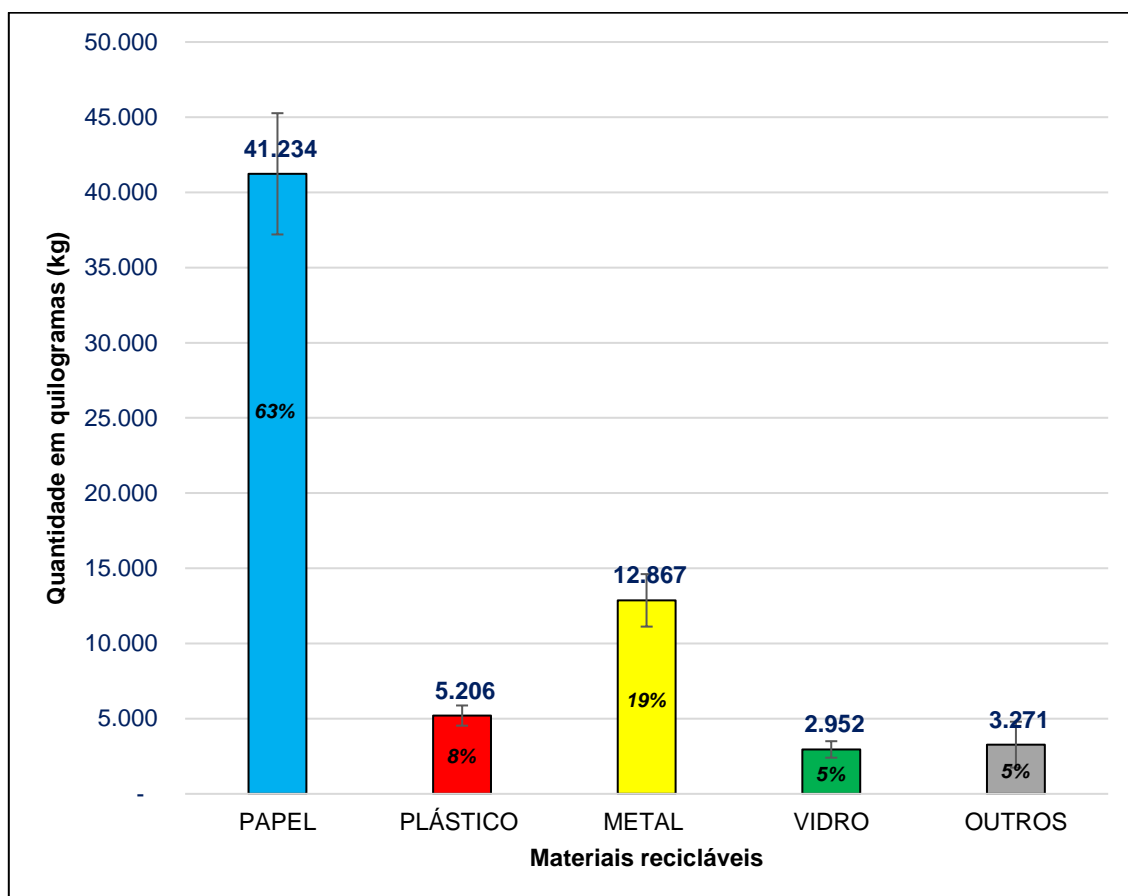


Figura 8 – Quantidades médias em quilogramas e percentual mássico (%) dos materiais recicláveis enviados ao Centro de Triagem do Recicla CT/UFRJ de 2010 – 2016

Observação: A barra de erros representa o desvio padrão das médias dos materiais em quilogramas (kg)

Fonte: Adaptado dos dados do Recicla CT (2017a).

A Figura 9 mostra que há variações na quantidade mássica total de cada tipo de material coletado ao longo dos anos, o que confirma a necessidade de análises mais detalhadas.

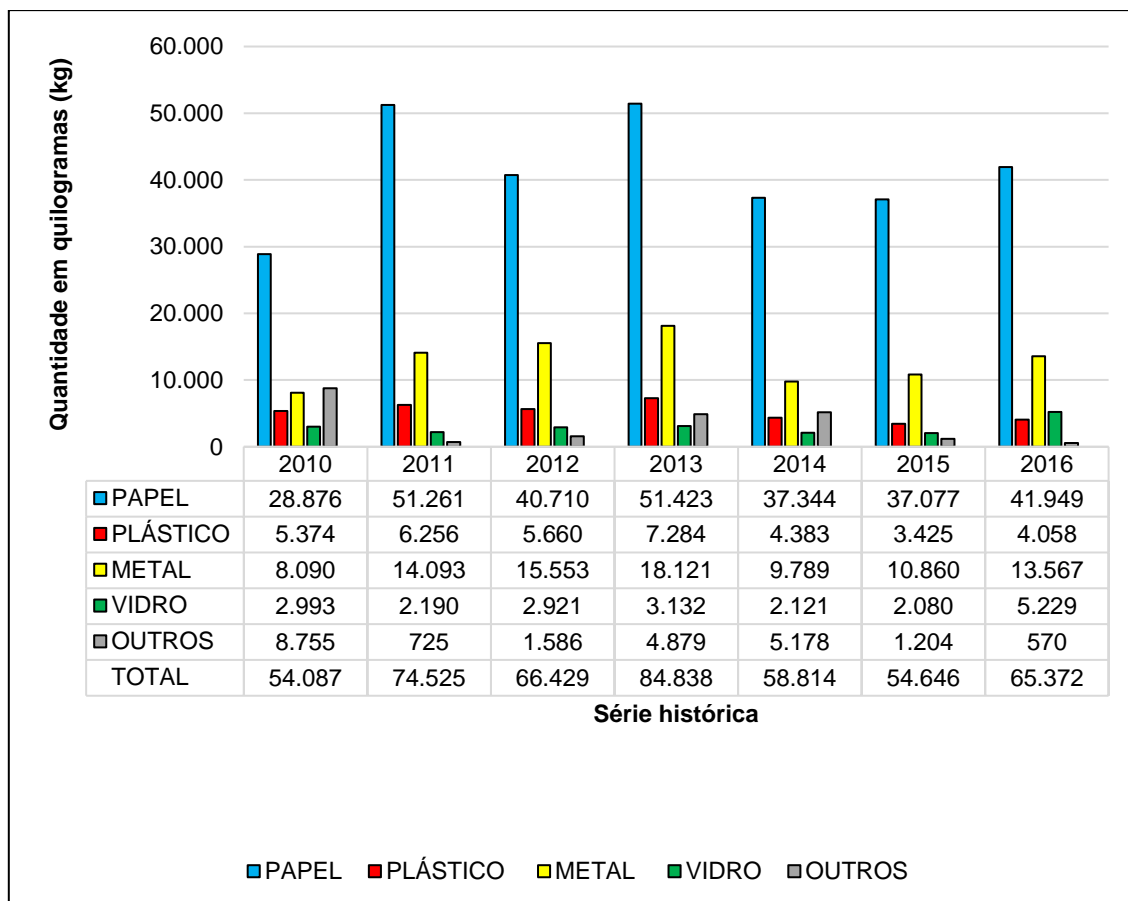


Figura 9 – Quantidade total de cada material reciclável coletado pelo Recicla CT/UFRJ de 2010 – 2016

Fonte: Recicla CT (2017a).

6.2.1 Análises dos resíduos sólidos coletados no CT/UFRJ

Buscou-se fazer análises dos dados sobre as quantidades de resíduos sólidos recicláveis secos do CT/UFRJ, estimar quantidades futuras e, ainda, compará-los aos resultados das outras universidades. As análises relacionam as quantidades coletadas no Centro à população total do local, ao tempo (anual e mensal), à sazonalidade (clima) e à econômica.

6.2.1.1 Relação das quantidades coletadas com a população

A Tabela 12 mostra os resultados referentes às variações anuais populacionais a cada ano da série histórica fornecida pela Reitoria de 2013 – 2016 (UFRJ, 2016).

Tabela 12 - Estimativa de variação anual (%) da série histórica 2013 - 2016 e da variação anual média (%)

Série Histórica	2013	2014	2015	2016
Número total de alunos de graduação com matrícula ativa	48.464	49.881	51.560	52.848
Variação Anual (%) (crescimento populacional)	2014 - 2013		2015 - 2014	2016 - 2015
	3		3	2
Variação Anual Média (%)	3			

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Os resultados mostram que houve crescimento populacional de 3%, de 2013 para 2014 e de 2014 para 2015; e 2% de 2015 para 2016. A média dessas variações foi de cerca de 3%, que foi adotada para estimar a população total de alunos de graduação da com matrícula ativa da UFRJ de 2010 a 2012 e 2017.

A Figura 10 mostra a evolução do número de alunos de graduação matriculados nos diversos cursos da universidade. Os anos marcados com (*) e com coloração amarelada são aqueles com populações estimadas; os anos sem marcação e coloridos de azul correspondem aos dados fornecidos pela Reitoria da UFRJ (UFRJ, 2016).

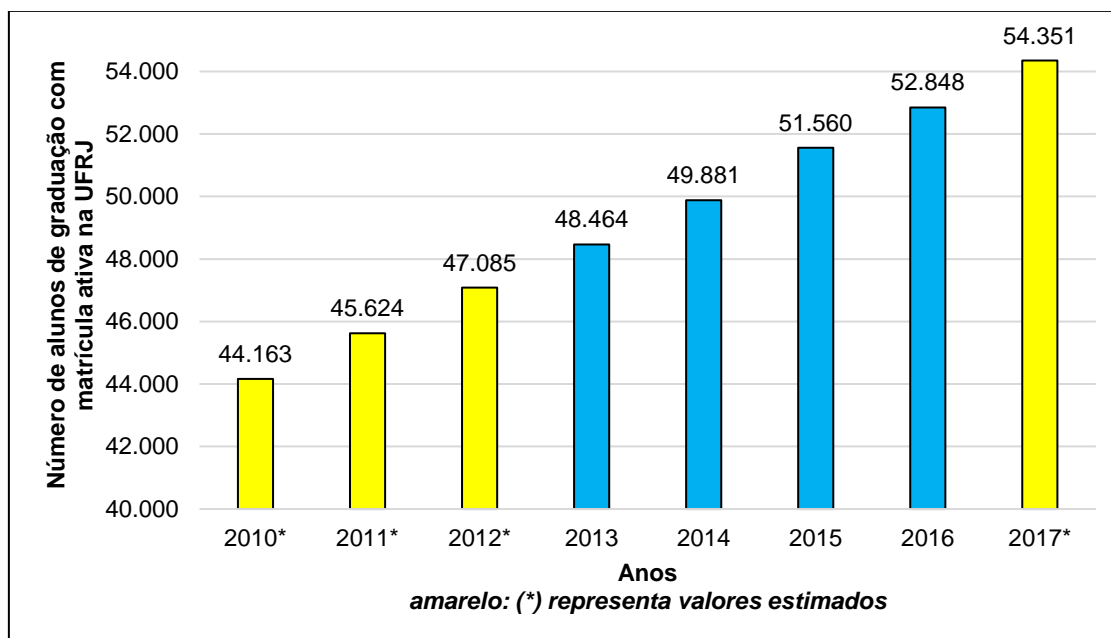


Figura 10 - Evolução da população de alunos de graduação com matrícula ativa na UFRJ

Fonte: Elaboração própria. 2018.

A partir do estudo de Campos (2012), considerou-se que o crescimento dos alunos ocorrido na UFRJ como um todo foi o mesmo que ocorreu em todas as suas unidades, entre elas o Centro de Tecnologia, CT: quanto mais alunos ingressam nas diversas atividades acadêmicas, maior será a geração de resíduos; e isso inclui o CT.

O cálculo da estimativa de população de graduandos da UFRJ possibilitou estimar o número total da população total ativa (discentes, docentes e funcionários) no CT/UFRJ com base na variação anual média (3%). Os resultados podem ser vistos na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados das estimativas de população de graduandos da UFRJ e do CT; e da população total do CT;

Série Histórica	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Relação graduandos CT e UFRJ em 2017
Total de graduandos da UFRJ	44.163	45.624	47.085	48.464	49.881	51.560	52.848	54.351	12%
CT	População da Graduação	5.200	5.372	5.544	5.707	5.874	6.071	6.223	6.400
	População Total	11.566	11.949	12.332	12.693	13.064	13.504	13.841	14.235

Observação: Em azul: dados fornecidos pela Reitoria da UFRJ e Decania do CT/UFRJ; em amarelo: populações estimadas.

Fonte: Elaboração própria. 2018.

A relação entre a evolução do crescimento da população e os dados de coleta de 2010 a 2016 fornecidos pelo Recicla CT pôde ser feita com os resultados estimados de população total (ativa) do Centro de Tecnologia (CT) da UFRJ da Tabela 13.

Campos (2012) notou que a redução de geração, no mundo, ocorreu durante períodos marcantes, em especial crises econômicas. A análise das quantidades coletadas no CT/UFRJ foi feita conforme essa observação. Para isso, é necessário verificar a variação anual da população e da quantidade de resíduos recicláveis coletadas nos anos especificados.

A relação entre o crescimento de população e coleta não foi tão óbvia, pois a Figura 11 não mostra claramente que a quantidade de resíduos recicláveis coletada aumenta à

medida que mais pessoas ingressam no Centro de Tecnologia (CT), pelas variações anuais de coleta (marcadas com setas). Essa dificuldade pode estar relacionada aos problemas técnicos e administrativos relatados pelo Coordenador do Programa em entrevista (RECICLA CT, 2017b), que informou que adversidades podem explicar o aumento/redução na quantidade coletada a cada ano:

2011 – Instalação de coletores coloridos no CT. Por isso, houve o grande salto na coleta de resíduos em relação ao ano de 2010;

2012 – Greve geral e redução do número de funcionários;

2014 – Problemas técnicos com os carrinhos utilizados para recolher os resíduos devido à falta de manutenção dos mesmos, além de ter sido o ano da Copa do Mundo 2014 no país, com uma baixa geração de resíduos nos meses de junho e julho. Devido ao evento, não houveram aulas em alguns dias do período do evento. Em dezembro houve greve de funcionários do Recicla CT e este mês não foi quantificado;

2015 – Foi um ano conturbado, havendo problemas com atraso de salários dos funcionários por parte da empresa responsável pelo setor de limpeza (ADUFRJ, 2015a; ADUFRJ, 2015b).

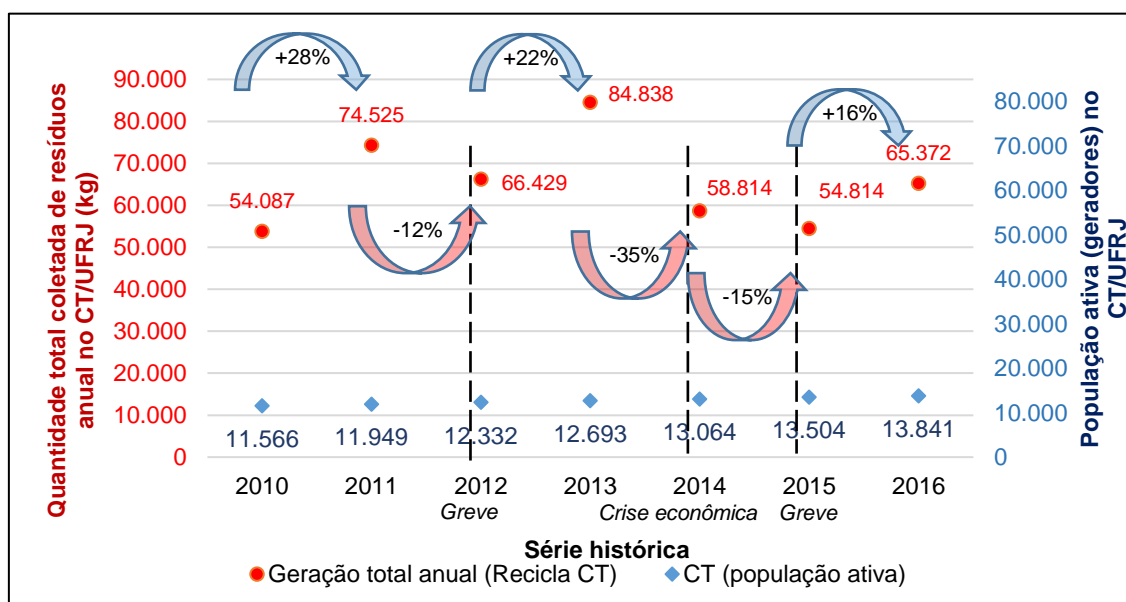


Figura 11 - Relação do crescimento populacional e coleta de resíduos no CT/UFRJ

Fonte: Adaptado da população da UFRJ (2016), Decania do CT (UFRJ, 2017) e Recicla CT (2017a).

De um ponto de vista geral, pontos de inflexão com períodos marcantes de redução na quantidade coletada puderam ser observados: de 2011 a 2012 (12%) e 2014 e 2015

(8%) quando houveram greves gerais de alunos, professores e funcionários (G1 GLOBO, 2012; G1 GLOBO, 2015); e, de 2013 a 2014 (44%), iniciou-se uma grave crise econômica em 2014 no Brasil como um todo (BARBOSA FILHO, 2017) o que pode ter reduzido o poder de compra das pessoas e conseqüentemente a quantidade de resíduos. Verifica-se que o ano de crise econômica foi o que mais influenciou na alteração dos valores, 35% de 2013 a 2014. Esta última observação foi baseada na interpretação de Campos (2012) sobre como uma crise econômica pode impactar na geração. Quando há greve, as alterações foram em torno de 15% ou 20%.

Portanto, não foi possível relacionar o crescimento da população do CT às quantidades coletadas nessa série histórica, que variaram muito de um ano para o outro por conta de problemas técnico-administrativos do próprio Programa Recicla CT (2017b).

6.2.1.2 Relação das quantidades coletadas com calendário escolar

Os períodos de greve em 2012 e 2015 (G1 GLOBO, 2012; G1 GLOBO, 2015) foram considerados para esta análise. Os anos com períodos de greve foram destacados em vermelho e os de pós-greva em azul claro na Figura 12. Em anos com períodos de greve, como esperado, houve menor presença de alunos na universidade, as greves duraram, em média, 2 meses. Em 2012, funcionários, alunos e professores paralisaram no final de maio até o início setembro, um longo período de três (3) meses (G1 GLOBO, 2012), enquanto a greve de 2015 começou no final de junho até final de agosto, cerca de pouco mais de um (1) mês (G1 GLOBO, 2015). Conseqüentemente, os anos posteriores à greve possuem mais dias letivos e, portanto, maior circulação de pessoas no local ao longo desses anos. Assim, houve menor coleta de resíduos nos anos de greve, e maior quantidade coletada nos anos seguintes à greve, tendo-se destaque 2013, com 85 t, ano seguinte à greve mais longa no ano interior. O impacto de períodos de greve nos dias letivos foi observado na Figura 12.

Na Figura 12, destacou-se, em verde, o ano de 2014, o qual os resíduos não foram enviados ao Centro de Triagem especificamente no mês de dezembro (RECICLA CT, 2017a). Assim, foi calculado um valor para ser acrescido ao ano de 2014 para compensar o mês que não houve coleta. Em entrevista, o coordenador do Programa Recicla CT (2017b) informou que a coleta não ocorreu em decorrência de uma greve dos funcionários naquele ano. Por isso, considerando-se a média de 4 toneladas da quantidade total de resíduos coletados de 2010 a 2016 para este mês, esta quantidade foi somada ao ano de 2014. Logo, a quantidade considerada para o ano de 2014 foi de

63 toneladas. Essa média foi considerada pelas razoáveis quantidades de coleta nesse mês devido às datas festivas de Natal e realização de provas finais, salientando-se que é um mês, também, de recesso escolar devido as festas natalinas.

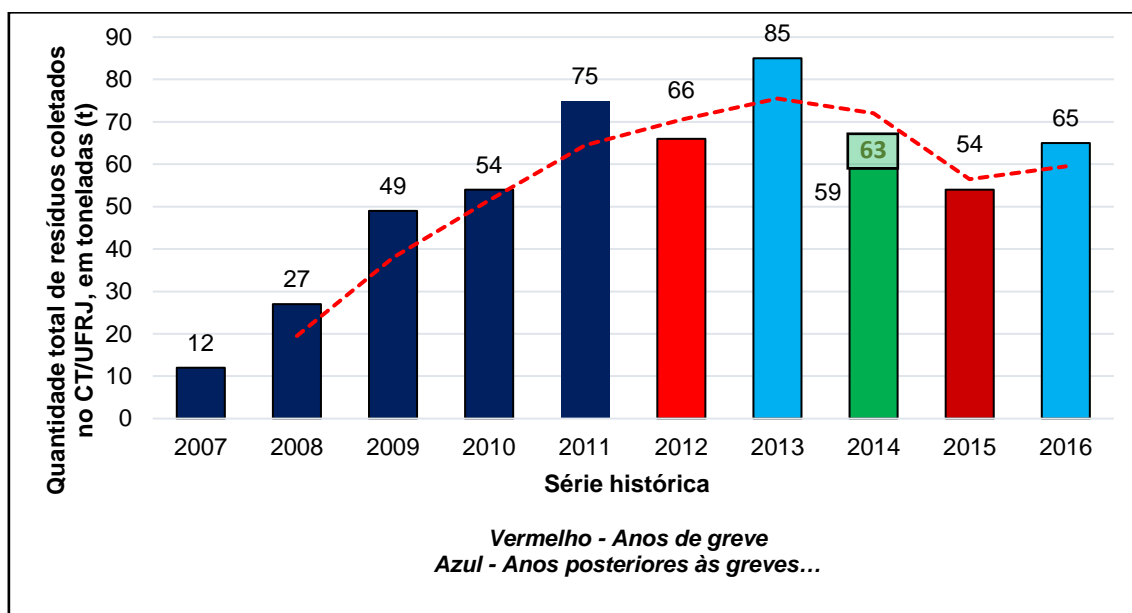


Figura 12 - Variação anual da quantidade de resíduos coletados no CT/UFRJ entre 2007 – 2016

Fonte: Adaptado de RECICLA CT (2017a).

Por outro lado, ao analisar-se a geração a cada mês, Ker et al. (2017) explicaram diferenças sobre a geração total de resíduos na FAESA considerando a presença e ausência de alunos (período letivo, férias e período do dia) no campus em um período de um (1) ano. Essa mesma forma de discussão será conduzida nesse trabalho. No caso da FAESA, foram realizadas análises gravimétricas de resíduos para quatro semanas: duas em período letivo e duas durante férias. No caso do presente estudo sobre resíduos do CT/UFRJ, foram pesadas e registradas quantidades coletadas dos doze (12) meses consecutivos de cada ano desde 2010, quando o Centro de Triagem do Recicla CT foi implementado e que conta com balança de pesagem desde então.

As quantidades totais de resíduos coletados mensalmente de 2010 a 2016, do CT/UFRJ (RECICLA CT, 2017a), estão na Figura 13.

É fácil notar que a quantidade de resíduos coletados no primeiro semestre (janeiro a julho) é maior que a do segundo (agosto a dezembro). Esses semestres foram divididos segundo o calendário acadêmico da UFRJ para anos regulares, sem greve, caso de

2018 (UFRJ-PR1, s.d.). De 2010 a 2016, foram coletadas cerca de 266 toneladas no primeiro semestre e 192 toneladas no segundo com quase 30% menos quantidades.

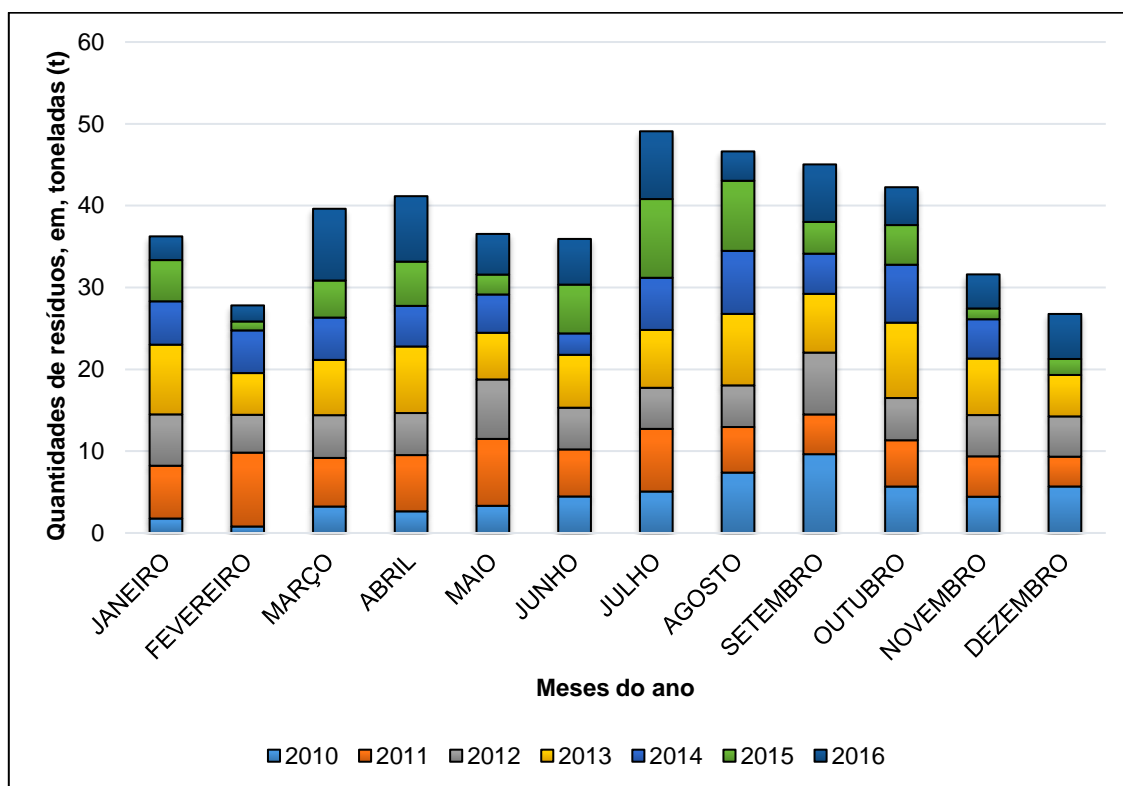


Figura 13 – Quantidade total de resíduos coletados mensalmente de 2010 a 2016

Fonte: Adaptado de RECICLA CT (2017a).

A Figura 14 mostra as quantidades totais de cada mês considerando os anos entre 2010-2016, que permitiu uma análise mensal.

Julho é o mês com maior geração, provavelmente devido ao fato de ser um período com intenso período de provas que são as segundas provas semestrais e as provas finais. O curioso é que isso não foi observado para novembro e dezembro, que são períodos similares de provas. Os meses que representam o início regular de aulas e ingresso de novos alunos também possuem quantidades relevantes, que são os meses de março, para o 1º semestre, e agosto para o 2º semestre, respectivamente.

Os meses de férias escolares, como já esperado, são aqueles com menores quantidades de gerações, sendo elas bastante notáveis. Esse resultado foi o mesmo observado por Ker et al. (2017), que concluíram que o período letivo tem grande influência na produção de resíduos, em cerca de 40% maior, que durante as férias. Os

meses de janeiro, fevereiro e dezembro tem-se férias nos cursos de graduação. Os cursos de pós-graduação não param. Considerando esses três meses, os meses de dezembro e fevereiro são os com menor coleta. Além das férias escolares, tem-se recessos escolares, nesses períodos, devido ao Natal e ano novo, e também ao carnaval.

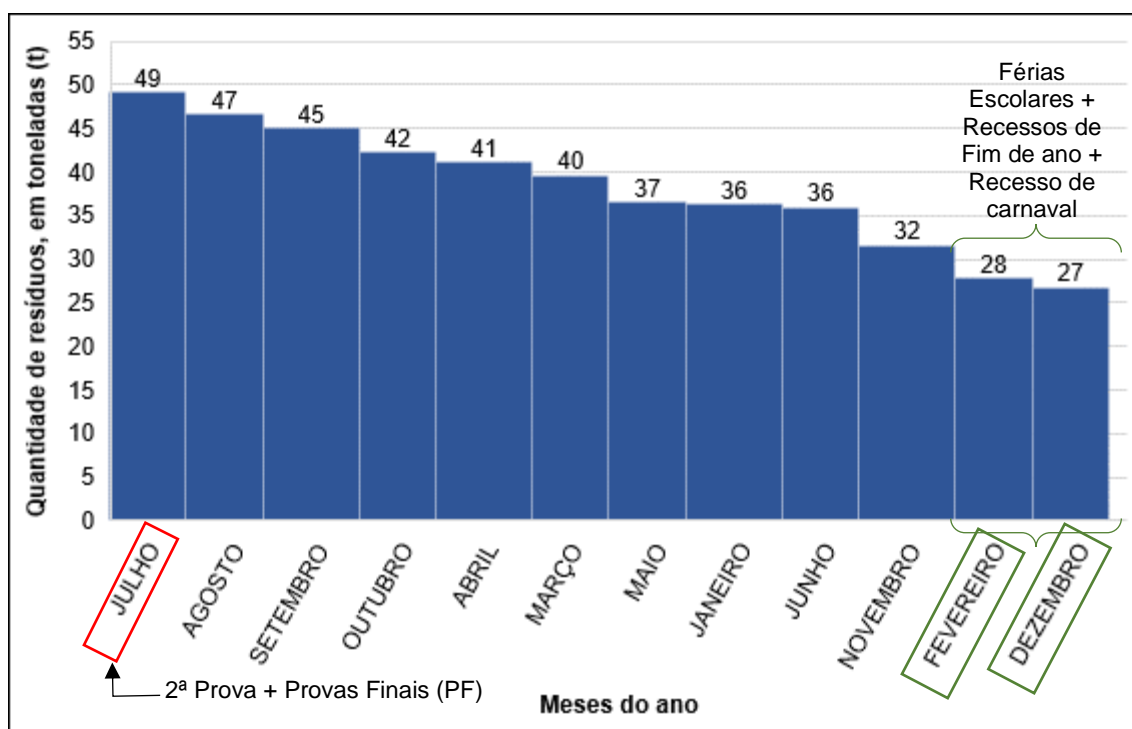


Figura 14 - Soma das quantidades de resíduos coletados mensalmente de 2010 a 2016

Fonte: Adaptado de RECICLA CT (2017a).

6.2.1.3 Relação da composição de plástico com a sazonalidade (clima)

A análise a relação do clima com a composição de resíduos foi baseada na consideração de Vega et al. (2008) e Adeniran et al. (2012) que notaram como as mudanças climáticas podem afetar a composição de resíduos ao longo do tempo.

A UFRJ está inserida na Cidade do Rio de Janeiro que tem médias elevadas de temperatura – Rio de Janeiro, 26° C (CLIMATEMPO, s.d). Como visto anteriormente na comparação sazonal entre todas as IES, o plástico é um parâmetro que pode ser utilizado para a análise sazonal, pois há mais consumo de água nas épocas quentes que tradicionalmente são envasadas em garrafas de plásticos (VEGA et al., 2008;

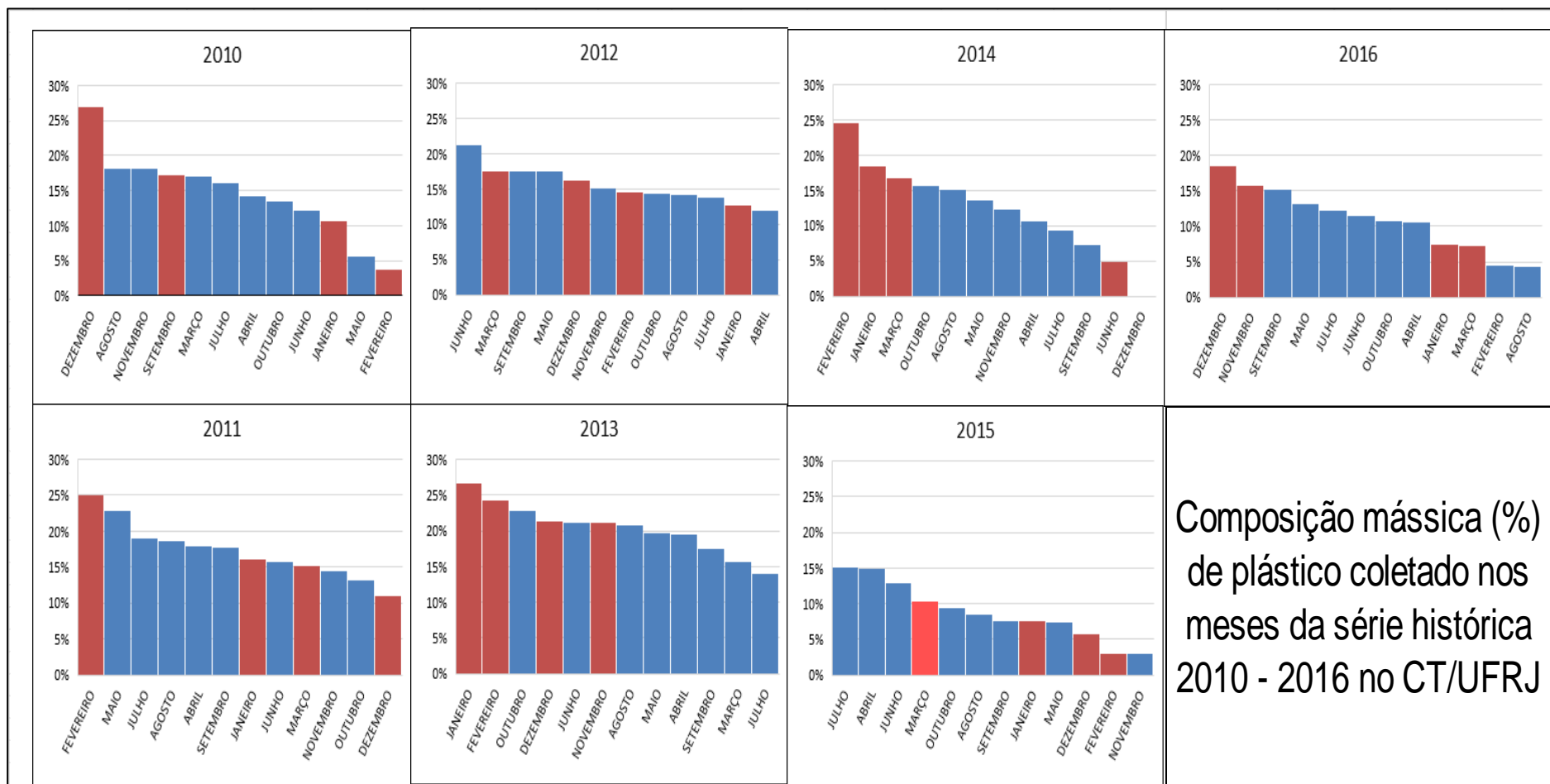
ADENIRAN et al., 2012). Assim a análise sazonal foi realizada com base nos dados de composição de plástico do CT/UFRJ nos meses dos anos da série histórica.

Os períodos mais quentes na cidade do Rio de Janeiro costumam ocorrer entre o dezembro até março, com médias de temperatura acima de 25° C (CLIMATEMPO, s.d.). A composição mássica (%) de plásticos foi organizada para cada ano em ordem decrescente mensal na Figura 15. Esperava-se que a composição de plástico nos resíduos fosse alta nesses quatro meses quentes, mas isso não foi observado.

O ano mais próximo do que era esperado foi o de 2014 em que fevereiro (25%), janeiro (19%) e março (17%) possuíram mais plástico em relação ao total desse ano, porém dezembro não foi contabilizado pela greve de funcionários do Recicla CT nesse mês. Os anos demais variaram na ordem dos meses que se teve mais coleta de plástico.

O ano de 2015 foi aquele contrário à expectativa, com dezembro (6%) e fevereiro (3%) como os meses com menores quantidades de plástico em relação ao total desse ano e julho, que é mês frio, possuiu a maior proporção.

Portanto, para o caso do CT/UFRJ, não foi encontrado resultado satisfatório que relaciona as quantidades de plástico coletadas às temperaturas quentes ou frias.



Composição mássica (%)
de plástico coletado nos
meses da série histórica
2010 - 2016 no CT/UFRJ

Figura 15 - Ordem decrescente da composição mássica (%) por mes de plástico coletado no CT/UFRJ na série histórica (2010 - 2016)

Fonte: Adaptado de RECICLA CT (2017a).

6.2.1.4 Relação das quantidades coletadas com economia local

Considerando que quantidade de resíduos gerada pode ser afetada pela economia local (CAMPOS, 2012), fez-se uma tentativa de verificar essa afirmação na UFRJ.

Na Figura 16 não ficou clara a relação entre o PIB *per capita* e a quantidade total de resíduos recicláveis coletados, pois a quantidade variou muito à medida que o PIB per capita aumentou de um ano para o outro por conta de problemas técnicos e administrativos já enunciados anteriormente. Apesar disso, vale destacar que a crise econômica iniciada em 2014 pode ter contribuído para a drástica redução de resíduos coletados entre os anos de 2013 a 2014, com variação de -35% na quantidade coletada. O PIB *per capita* teve a maior desaceleração no crescimento de um ano (2013), 10%, para o outro (2014), 5%, com diferença de 5%. É válido lembrar que aqui foram consideradas a mais as 4 toneladas estimadas para o mês de dezembro de 2014, greve de funcionários do Recicla CT, além das 59 toneladas coletadas no restante do ano.

Portanto, é possível que a crise econômica iniciada em 2014 tenha impactado a quantidade de resíduos coletados a partir deste ano. No entanto, o mais indicado é acompanhar os anos posteriores a essa crise, ou seja, ter uma nova série histórica de dados sobre a coleta e o PIB *per capita* para haver uma conclusão mais precisa e, assim, verificar a relação das quantidades coletadas à economia local.

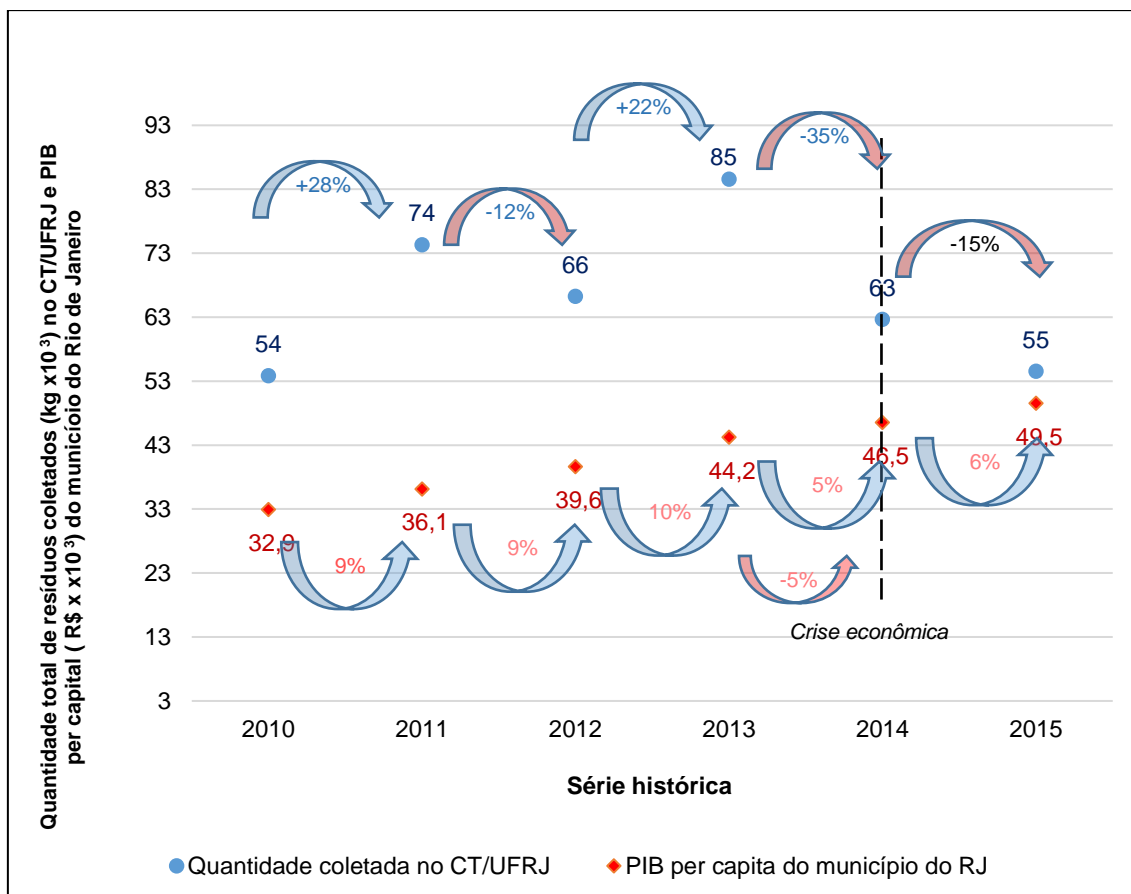


Figura 16 - Relação do PIB *per capita* municipal (RJ) e a quantidade coletada de resíduos no CT/UFRJ

Fonte: Adaptado de RECICLA CT (2017a) e CEPERJ (s.d.)

6.2.2 Análise comparativa de resíduos do CT/UFRJ e do município do Rio de Janeiro

A comparação entre os resíduos recicláveis que são coletados em um ambiente universitário e aqueles de um município em que a IES está inserida foi realizada. Foram utilizados os dados sobre os resíduos recicláveis (papel, plástico, metal, vidro e outros recicláveis) que estão na Figura 17. O detalhamento da composição gravimétrica (%) dos resíduos coletados pela COMLURB (2016) considerando a série histórica de 2010 a 2016 pode ser visto no ANEXO V.

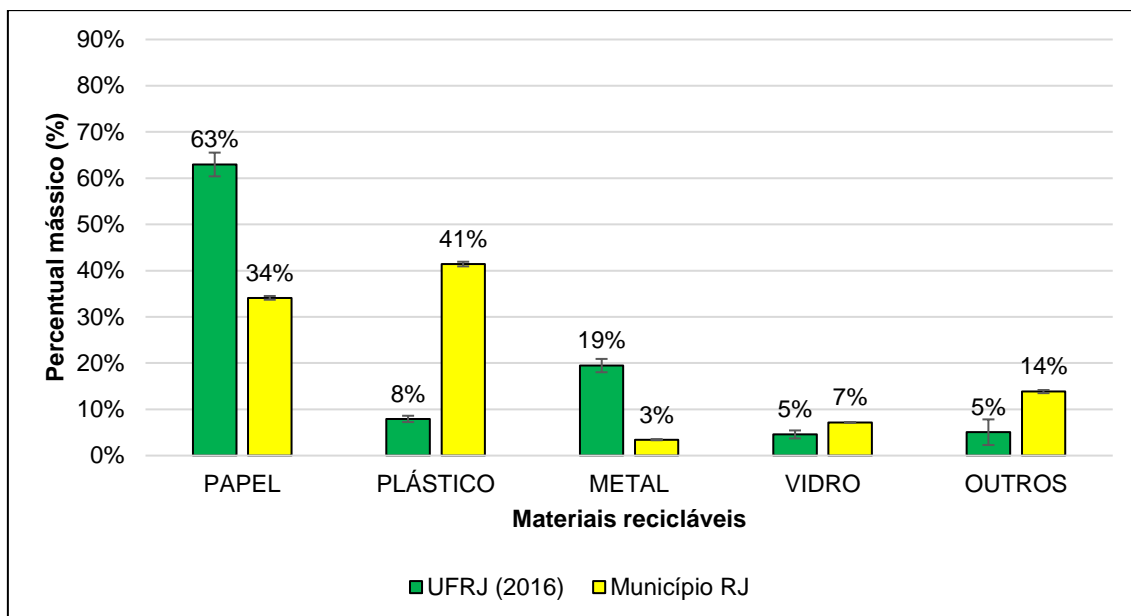


Figura 17 – Percentual mássico dos materiais recicláveis, exceto os putrescíveis, no município do Rio de Janeiro e no CT/UFRJ, de 2010 – 2016.

Fonte: (COMLURB, 2017; RECICLA CT, 2017a).

Foi observado no padrão de geração de universidades que o papel é o material mais gerado, seguido de plástico. Contudo, na Cidade do Rio de Janeiro, o plástico é o resíduo mais gerado no município (41%), seguido do papel (34%). Isso pode demonstrar como a gestão de resíduos nesses ambientes deve ser diferenciada. O município deve buscar alternativas para minimizar a geração de plástico, não deixando de incluir entre as prioridades a minimização do papel. A redução de papel em um ambiente universitário é primordial.

Na UAM, Espinosa et al. (2008) fizeram a comparação dos resíduos gerados na universidade com aqueles da Cidade do México com o objetivo de mostrar a diferença na composição de resíduos entre um ambiente universitário e uma cidade. Eles destacaram que a principal diferença era a fração de resíduos que compunham o percentual mássico total. Nesta universidade, os materiais inorgânicos, que são os materiais recicláveis, foram estimados em cerca de 95%, enquanto na cidade mexicana a matéria orgânica putrescível representou quase 50% da massa total de resíduos. Não há informações referentes à matéria orgânica putrescível na UFRJ para que se possa constatar a mesma conclusão nesse sentido. O Programa Recicla CT não inclui em suas atividades a coleta desse material.

6.2.3 Estimativas futuras de coleta de resíduos recicláveis no CT/UFRJ

A estimativa futura de geração de resíduos total e de cada um dos materiais – papel, plástico, vidro, metal e outros, foi realizada como descrito no item Metodologia na seguinte ordem:

- 1º - Estimar a população futura do CT/UFRJ;
- 2º - Estimar a geração total e de cada material.

6.2.3.1 Estimativa de populações futuras do CT/UFRJ

Foram necessárias, pelo menos, três (3) amostras de população em respectivo ano para estimar populações futuras para os três métodos – aritmético, geométrico e de curva logística (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011). Para isso, foram estimados, anteriormente, os números das populações totais no CT/UFRJ de 2010 a 2016 no item da análise “relação de quantidade de resíduos coletados com a população”, necessárias para estimativas futuras conforme Sobrinho e Tsutiya (2011). As informações sobre o ano de 2017 foi fornecido pela Decania do CT (UFRJ, s.d.). As informações obtidas na Tabela 13, que contém os dados populacionais do número total estimado da população ativa do CT/UFRJ, foram utilizadas para estimativas de população futura do Centro.

Sobrinho e Tsutiya (2011) definem que deve ser escolhida uma população de projeto futura, que será considerada em 20 anos a partir do último censo, que no caso será de 2036. Foram estimadas populações de 5 em 5 anos, ou seja, as de 2021, 2026, 2031 e 2036 com o objetivo de gerar gráficos que mostrem, visualmente, o crescimento populacional de cada método e compará-los. Para o cálculo dos métodos aritmético e geométrico, considerou-se, na Tabela 14, as Equações (2 – 5) que necessitam de duas (2) amostras.

Tabela 14 - Dados de população ativa do CT/UFRJ utilizados para projeções futuras pelos métodos aritmético e geométrico

	P_N	T_N
P ₁ (T ₁)	13.841 (população do penúltimo censo)	2016
P ₂ (T ₂)	14.235 (população do último censo)	2017
P (T)	P = população futura desejada	T = ano futuro (2021, 2026, 2031 e 2037).

Sendo P_n a população em dado ano (T_n)

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Método aritmético

Da Equação (2), tem-se:

$$Ka = \frac{14.235 - 13.841}{2017 - 2016}$$

$$Ka \cong 393$$

E resulta, da Equação (1), os dados que estão na Tabela 15.

Tabela 15 - Projeções de populações futuras da UFRJ pelo método matemático aritmético

Equação (1)	P (2021)	P (2026)	P (2031)	P (2036)
Resultado	15.810	17.779	19.748	21.716

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Método geométrico

Da Equação (4):

$$Kg = \frac{\ln 14.235 - \ln 13.841}{2017 - 2016}$$

$$Kg = 0,028$$

Resultando, da Equação (3), os dados que estão na Tabela 16.

Tabela 16 - Projeções de populações futuras da UFRJ pelo método matemático geométrico

Equação (3)	P (2021)	P (2026)	P (2031)	P (2036)
Resultado	15.925	18.323	21.082	24.256

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Método da curva logística

Sobrinho e Tsutiya (2011) indicam pela Equação 4 que, neste método, devem ser utilizadas três (3) amostras populacionais espaçadas igualmente (d) em determinada escala de tempo. Então, foram utilizados os dados populacionais do CT/UFRJ de 2011, 2014 e 2017, espaçados igualmente com $d = 3$. Para o cálculo do método matemático de curva logística, considera-se os seguintes parâmetros, na Tabela 17, das Equações (6 – 9).

Tabela 17 - Dados de população ativa do CT/UFRJ utilizados para a projeção futuras pelo método matemático de curva logística

	P_N	T_N
$P_0 (T_0)$	11.949 (população do antepenúltimo censo)	2011
$P_1 (T_1)$	13.064 (população do penúltimo censo)	2014
$P_2 (T_2)$	14.235 (população do último censo)	2017
$P (T)$	$P =$ população futura desejada	$T =$ ano futuro (2021, 2026, 2031 e 2036)

Sendo P_n a população em dado ano (T_n)

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Também foi necessário verificar as premissas que validam este método, já enunciadas no item Metodologia (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011), que são:

$P_0 (T_0)$, $P_1 (T_1)$ e $P_2 (T_2)$ sejam espaçados igualmente no tempo, com $T_1 - T_0 = T_2 - T_1$:

$$✓ \quad 2014 - 2011 = 2017 - 2014 = 3 (d)$$

P_0 , P_1 e P_2 sejam tais que $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 \cdot P_1 < P_1^2$:

$$✓ \quad 11.949 < 13.064 < 14.235$$

$$✓ \quad 11.949 \times 13.064 < 13.064^2 \quad \rightarrow \quad 170.094.015 < 170.668.096$$

Portanto, o método de curva logística pode ser utilizado.

Das Equações (6), (7) e (8), calculam-se os parâmetros K, b e a:

$$K = \frac{2 \times 11.949 \times 13.064 \times 14.235 - 13.0764^2 \times (11.949 + 14.235)}{11.949 \times 14.235 - 13.064^2}$$

$$K = 42.708$$

Sabendo que d = 3:

$$b = \left(\frac{-1}{0,4343 \times 3} \right) \cdot \log \frac{11.949 \times (42.708 - 13.064)}{13.064 (42.708 - 11.949)}$$

$$b \cong 0,04$$

$$a = \left(\frac{1}{0,4343} \right) \cdot \log \frac{42.708 - 11.949}{11.949}$$

$$a \cong 0,95$$

Com o cálculo dos parâmetros acima, pode-se estimar as populações futuras com a Equação (4), que estão na Tabela 18.

Tabela 18 - Projeções de populações futuras da UFRJ pelo método matemático de curva logística

Equação (4)	P (2021)	P (2026)	P (2031)	P (2036)
Resultado	15.456	17.583	19.791	22.032

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Foi necessário escolher o método mais adequado, ou seja, o que apresenta a menor margem de erro. Os métodos aritmético e geométrico são indicados para estimativas de populações em até 5 anos para não haver muitas discrepâncias (SOBRINHO & TSUTIYA, 2011). Para verificar esta afirmação, a discrepância de cada um dos métodos foi calculada por meio do intervalo de confiança do método estatístico de Distribuição Normal (MONTGOMERY, 2009) – Tabela 19.

A menor margem de erro encontrada, para as amostras de 2017 a 2036, foi a do método aritmético. As maiores margens de erros demonstram que maior é o intervalo de confiança, o que resulta em menor certeza sobre o valor estimado (MONTGOMERY, 2008).

Tabela 19 - Intervalo de confiança das amostras (2017 a 2036) de cada método matemático de projeção populacional pelo Teste de Hipóteses de Distribuição Normal.

Parâmetro estatístico	INTERVALO DE CONFIANÇA		
	ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	CURVA LOGÍSTICA
n (tamanho da amostra)	20		
Desvio padrão	2.329	3.116	2.502
Nível de confiança	95%		
Margem de erro	1.021	1.366	1.096
Limite inferior	17.152	17.702	16.794
Média	18.173	19.067	17.891
Limite superior	19.193	20.433	18.987

Fonte: Elaboração própria. 2018.

A Figura 18 mostra a comparação entre os métodos matemáticos de projeção populacional.

Apesar de Sobrinho e Tsutiya (2011) explicarem que o método aritmético é aconselhável para uma série histórica de até 5 anos, esse será o utilizado por apresentar menores discrepâncias (margem de erro) em relação aos outros. A população considerada de projeto considerada, aritmética, para a escala temporal de 2016 a 2036, está representada na Tabela 15 (página 67 do presente trabalho).

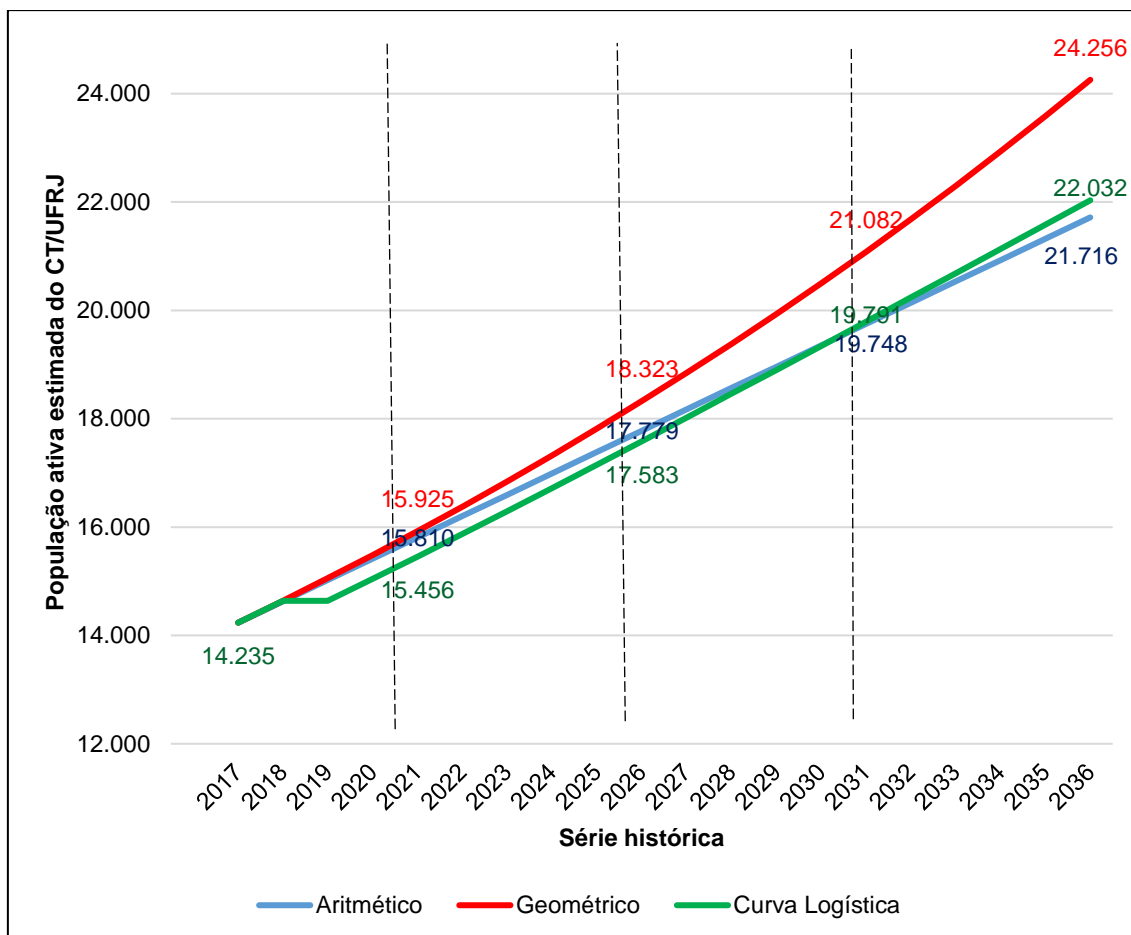


Figura 18 - Resultados das projeções populacionais para o CT/UFRJ obtidos pelos métodos matemáticos aritmético, geométrico e de curva logística segundo SOBRINHO & TSUTIYA, 2011.

Fonte: Elaboração própria. 2018.

6.2.3.2 Estimativas futuras de quantidades de resíduos coletadas no CT/UFRJ

Com as populações de projeto estimadas, pode-se calcular as estimativas de gerações futuras em quilogramas (kg) e, depois, a Taxa de Geração Populacional (TGP) (PALAVINEL & SULAIMAN, 2014; COKER et al., 2016), em $\frac{\text{quilogramas}}{\text{hab} \times \text{dia}}$.

Primeiro, foi necessário estimar as quantidades de resíduos a serem geradas de 2017 a 2036. A base para isto foi o artigo de Medeiros et al. (2015), que previu gerações futuras de resíduos sólidos domésticos (RSD) de João Pessoa até 2035 com a utilização do método "I.P.A.T". Nela, calcula-se a variação anual da geração futura, ou seja, o percentual da diferença de geração de um ano para o outro, em três (3) cenários distintos estabelecidos no item Metodologia.

Desta maneira, com o auxílio da tabela de dados “Quantidade anual de resíduos coletados pelo Recicla CT” do ANEXO II, as variações de massa anual de cada resíduo (ΔI), populacional (ΔP), PIB (ΔA) e fator tecnológico (ΔT) foram calculadas com o auxílio da Equação 10 para cada material reciclável e é mostrada na Tabela 20.

Tabela 20 - Variações anual dos resíduos sólidos recicláveis coletados no CT/UFRJ, populacional

Variação de massa anual (ΔI)							
MATERIAL	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015 -2016	Média 2010-2016
PAPÉL	44%	-26%	21%	-38%	-1%	12%	2%
PLÁSTICO	14%	-11%	22%	-66%	-28%	16%	-9%
METAL	43%	9%	14%	-85%	10%	20%	2%
VIDRO	-37%	25%	7%	-48%	-2%	60%	1%
OUTROS	-1.529%	62%	70%	8%	-361%	-133%	-314%
MASSA TOTAL	28%	-12%	22%	-35%	-15%	16%	1%
Variação populacional (ΔP)							
Série Histórica	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	Média 2010-2016
Varição	3%	3%	3%	3%	3%	2%	3%
Variação PIB (ΔA)							
Varição	10%	8%	9%	7%	3%	3%	7%
Cálculo do fator tecnológico (ΔT)							
Varição	14%	-24%	10%	-45%	-21%	11%	-9%

Fonte: Elaboração própria pelo método I.P.A.T (MEDEIROS et al., 2015). 2018.

Os resultados de cada variação anual foram utilizados para estimar as quantidades futuras coletadas no CT/UFRJ ($\Delta I/I$) com a adoção dos três (3) cenários estabelecidos – Tabela 21. Aqui também foram consideradas as 4 toneladas estimadas para o mês de dezembro em 2014 explicado anteriormente neste trabalho. É válido lembrar que as médias de $\Delta P/P$ e $\Delta A/A$ são constantes para todos os cenários e $\Delta T/T$ será variado, como sugeriram Medeiros et al. (2015), da seguinte maneira:

- Cenário II: corresponde às médias de cada variação no período;
- Cenário I: corresponde ao primeiro valor abaixo do valor médio calculado e utilizado para o cenário II.
- Cenário III: corresponde ao primeiro valor acima do valor médio calculado e utilizado para o cenário II.

Tabela 21- Resultados das variações anuais (IPAT) para os cenários I, II e III estabelecidos

PERÍODO	$\Delta P/P$	$\Delta A/A$	$\Delta T/T$	$\Delta I/I$
2010 - 2011	3%	10%	14%	28%
2011 - 2012	3%	8%	-24%	-12%
2012 - 2013	3%	9%	10%	22%
2013 - 2014	3%	7%	-45%	-35%
2014 - 2015	3%	3%	-21%	-15%
2015 - 2016	2%	3%	11%	16%
MÉDIA 2010 - 2016	3%	7%	-9%	1%
CENÁRIO I	3%	7%	-21%	-11%
CENÁRIO II	3%	7%	-9%	1%
CENÁRIO III	3%	7%	10%	20%

Fonte: Elaboração própria pelo método I.P.A.T (MEDEIROS et al., 2015). 2018.

Com o auxílio da Equação 9, os três (3) cenários, que contam com quantidades futuras de coleta (kg), foram definidos para o período de projeto desejado e podem ser visualizados na Figura 19. Nessa figura, foram selecionados quatro (4) pontos, de 5 em 5 anos, para melhor visualização, que foram para os anos de 2021, 2026, 2031 e 2036.

O Cenário 1 releva significativa redução na coleta, acima de 100%, quando comparadas as massas totais coletadas de cada resíduo entre 2036 e 2016, à exceção da categoria “outros”, com aumento de mais de 60%. Nota-se que o Cenário 2 é aquele com menores discrepâncias na variação e pode revelar um cenário mais fiel à realidade. O cenário 3 estima que haverá aumento acima de 95% na coleta para todos os materiais. O detalhamento das estimativas futuras das quantidades coletadas, de 2016 a 2036, em toneladas (t), pode ser visto no ANEXO VI.

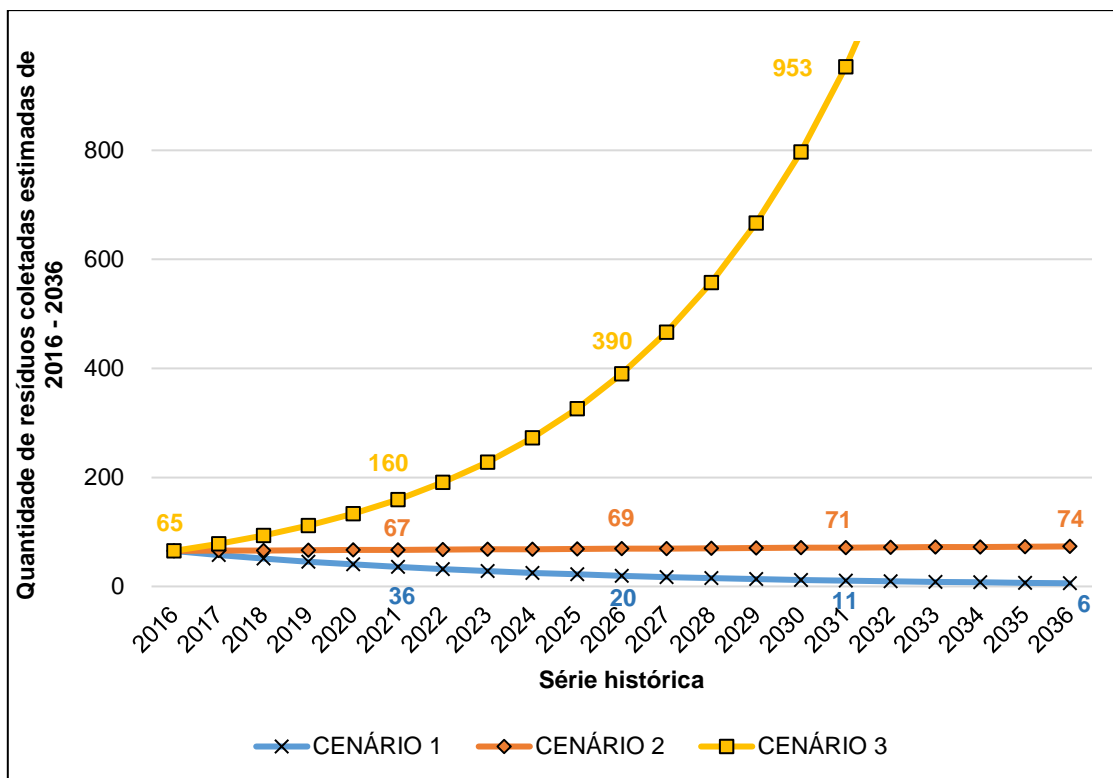


Figura 19 - Estimativa de massa total de resíduos no período futuro de 2017 – 2036

Fonte: Elaboração própria pelo método I.P.A.T (MEDEIROS et al., 2015). 2018.

Uma vez que o Cenário II pode representar melhor a realidade quanto às estimativas futuras da quantidade de materiais coletados, ele será adotado como referência futura. A Tabela 22 mostra os resultados das quantidades estimadas de resíduos coletados para cada cenário.

Vale lembrar que essa é uma estimativa de tendência baseada nos dados de geração de 2010 a 2016. Ela proporciona apenas uma dimensão do que pode ocorrer no futuro e desconsidera, aqui, fatores já citados como a sazonalidade, ocorrência de greve e impactos da economia e, também, a educação ambiental dos geradores.

Obteve-se a estimativa de redução apenas para o vidro (-55%), entre 2016 e 2036. Os demais materiais têm previsão de crescimento das quantidades coletadas, com papel em 9%, plástico em 30%, metal em 5% e os outros materiais recicláveis em 87%, como é mostrado na Figura 20.

Tabela 22 - Estimativas de geração diária per capita média no horizonte de projeto (2016 - 2036), de 5 em 5 anos

CENÁRIO (em toneladas)	MATERIAL	2016	2021	2026	2031	2036	VARIAÇÃO 2036 e 2016
CENÁRIO I	PAPEL	41,9	33,6	27,5	22,4	18,3	-129%
	PLÁSTICO	4,1	4,2	3,5	2,8	2,3	-76%
	METAL	13,6	10,4	8,5	6,9	5,7	-139%
	VIDRO	5,2	2,4	2,0	1,6	1,3	-292%
	OUTROS	0,5	2,7	2,2	1,8	1,5	68%
CENÁRIO II	PAPEL	41,9	42,3	43,6	44,9	46,3	9%
	PLÁSTICO	4,1	5,3	5,5	5,7	5,8	30%
	METAL	13,6	13,1	13,5	13,9	14,3	5%
	VIDRO	5,2	3,1	3,2	3,3	3,4	-55%
	OUTROS	0,5	3,4	3,5	3,6	3,7	87%
CENÁRIO III	PAPEL	41,9	100,4	245,5	600,1	1466,7	97%
	PLÁSTICO	4,1	12,7	30,9	75,6	184,7	98%
	METAL	13,6	31,1	75,9	185,5	453,5	97%
	VIDRO	5,2	7,3	17,9	43,6	106,7	95%
	OUTROS	0,5	8,1	19,7	48,2	117,8	100%

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Com o quantitativo de materiais coletados, em quilogramas (kg), a Taxas de Geração Populacional (TGP) (PALAVINEL & SULAIMAN, 2014; COKER et al., 2016) foram calculadas com as Equações 10 e 11, considerando-se que o ano letivo tem 249 dias.

$$TGP \left(\frac{\text{kg}}{\text{hab} \times \text{dia}} \right) = \frac{\text{quantidade de resíduos total, de cada material (kg) de 2021, 2026, 2031, 2036}}{\text{População (2021, 2026, 2031, 2037) x 249 dias}}$$

(Eq.13)

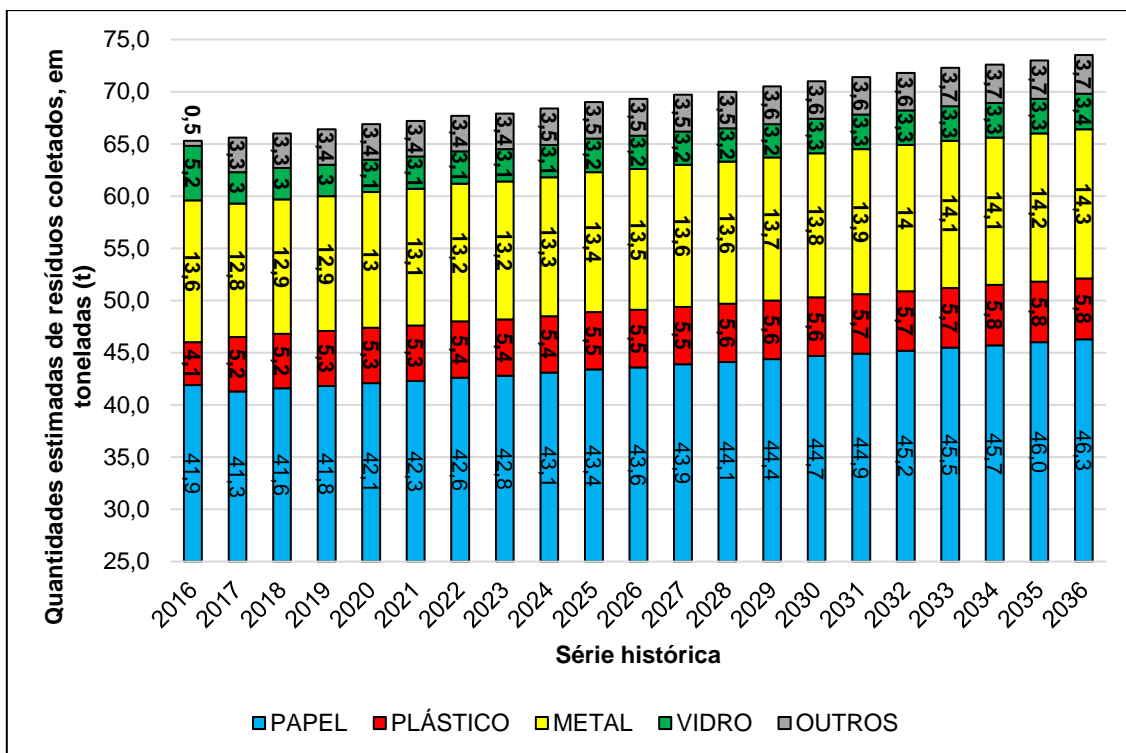


Figura 20 - Histórico da evolução de geração estimada de resíduos recicláveis, em toneladas (t)

Fonte: Elaboração própria. 2018.

Os resultados do TGP podem ser vistos na Tabela 23 para a série histórica a cada cinco (5) anos. Vale lembrar que as populações adotadas foram aquelas estimadas pelo método aritmético (Tabela 15, página 67). O detalhamento das estimativas de geração e da TGP de 2016 a 2036 está no ANEXO VI, considerando os dias letivos e anualmente.

Tabela 23 - Estimativa de geração per capita em 249 dias letivos para a série histórica de 2016 – 2036, em kg/ hab x dia letivo

DIAS LETIVOS	SÉRIE HISTÓRICA	2016	2021	2026	2031	2036	
249	POPULAÇÃO	13.852	15.810	17.779	20.141	21.716	
	MATERIAL (t)	PAPEL	0,0122	0,0116	0,0120	0,0123	0,0127
		PLÁSTICO	0,0012	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016
		METAL	0,0039	0,0036	0,0037	0,0038	0,0039
		VIDRO	0,0015	0,0008	0,0009	0,0009	0,0009
		OUTROS	0,0001	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010
		TOTAL	0,0189	0,0185	0,0190	0,0196	0,0202

Fonte: Elaboração própria. 2018.

6.2.4 Análise de resíduos do CT/UFRJ e de outras universidades

Como o presente trabalho aborda resíduos coletados no Centro de Tecnologia (CT) da UFRJ, também foi feita a comparação entre os padrões de geração específicos do CT/UFRJ e da média das outras universidades (excetuando-se os dados da UFRJ). Essa comparação é mostrada na Figura 21.

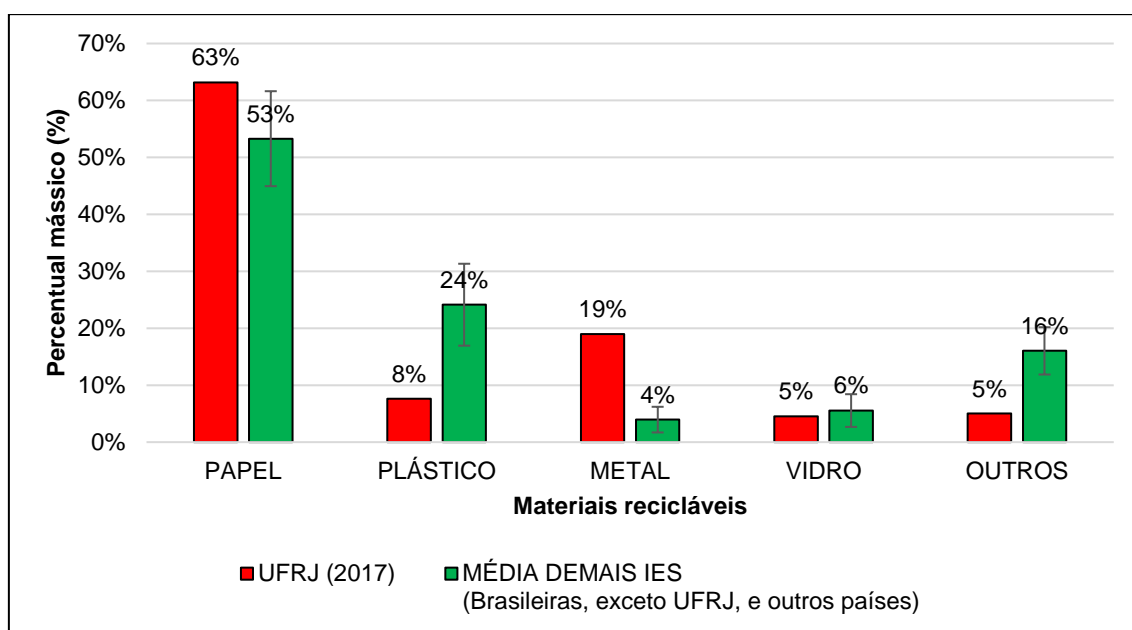


Figura 21 - Comparação dos padrões de geração da UFRJ e da média das universidades brasileiras e estrangeiras

Fonte: Elaboração própria. 2018.

O papel coletado, na UFRJ, possui uma diferença estimada de 11% em relação à média das outras universidades. É possível que a educação ambiental da UFRJ seja menos eficiente que a das outras universidades

A UFRJ tem uma geração típica quanto a produção de papel, que se apresenta em maior percentual. Contudo, não se mostra dentro de um padrão quanto a produção de plástico e metal. Segundo o responsável pelo Programa Recicla CT, o maior percentual de metal se deve ao fato de não haver permissão para que catadores percorram os corredores da universidade para a coleta de latas ou qualquer outro material, o que a

diferencia de outras universidades que apresentam como rotineira a catação por catadores de materiais recicláveis, caso de Lagos (ADENIRAN et al., 2017).

A porcentagem mássica de plástico possui mais de um terço (8%) comparada à média das outras universidades (25%). A equipe do programa informou que uma parte desses materiais, copos descartáveis em específico, é destinado para uma Recicladora de Plásticos da UFRJ, localizada no laboratório Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável (NERDES) (RECICLA CT, 2017b) – na dissertação de mestrado de Andrade (2014) também houve esse relato.

A pequena quantidade de materiais recicláveis classificados como “outros” pode indicar que a experiência do Programa Recicla CT possui maior eficiência na classificação, segregação e coleta de seus resíduos no CT em relação às outras.

7. ANÁLISE CRÍTICA E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração de papel é o maior problema em ambientes universitários. No CT/UFRJ isso não é diferente com mais da metade da composição total desses resíduos (53%). Observa-se que a maioria dos alunos costuma fazer inúmeras cópias, muitas vezes repetidas, ou imprimir documentos sem que sejam realmente utilizados. Professores fazem a mesma prática quando imprimem materiais de auxílio às aulas, que são utilizados em poucas oportunidades. A isso pode-se acrescentar a falta de uso de rascunho por parte dos geradores com a compra de cadernos novos de anotação. O uso do Sistema *Moodle* (SEAD, s.d.) nas universidades poderá vir também contribuir com a minimização da geração de papel.

O Programa Recicla CT é um exemplo de programa de coleta seletiva de uma universidade que, apesar da crise que o país passa até então, o trabalho e fornecimento de informações à sociedade acadêmica continuou com eficiência.

Nota-se que a coleta seletiva facilita o estudo de análise gravimétrica, pois, como no caso da UABC (VEGA et al., 2008) e UNBC (SMYTH et al., 2010), a falta de dados previamente estimados de cada tipo de material demandou tempo para a caracterização gravimétrica.

Aqui também é válido destacar alguns dos artigos analisados, que foram objetivos e simplificados e de melhor compreensão, casos da UABC, de Vega et al. (2008), UNBC, de Smyth et al. (2010) e *University of Tabriz*, artigo de Taghizadeh et al. (2012). Essas

foram as pesquisas que emolduraram o presente trabalho em termos de organização, pois forneceram dados sobre população e explicação da área de projeto, dos procedimentos de amostragem e caracterização com as devidas referências e, ainda, recomendações sobre o gerenciamento de seus resíduos quantificados. Outros trabalhos, no entanto, demandaram mais tempo para análise, pois a quantificação foi diferenciada dos demais, sem o fornecimento em porcentagem de composição, da UAM, de Espinosa et al. (2008) e FAESA, de Ker et al. (2017), ou ausência de estimativas de alguns resíduos recicláveis, como na *Sakarya University*, de Boysan et al. (2015) e UPE, de SILVA et al. (2010), ou ainda com ausência de referências em que se basearam na metodologia para obtenção de dados, caso da *Covenant University*, de Coker et al. (2016).

Na análise sazonal do CT/UFRJ, notou-se que as quantidades de plástico têm forte influência da presença de alunos no local, mais do que a da temperatura ambiente, apesar desta ainda possuir uma contribuição.

Estimou-se que a geração de papel e metal, materiais mais gerados, crescerão, até 2036, em proporções de 32% e 30%, respectivamente, em relação à 2016. Por isso, faz-se necessária a recomendação de novos estudos e sugestões de gerenciamento com foco em redução na geração de materiais recicláveis, principalmente o papel.

As principais conclusões do estudo são:

- O papel é o material mais gerado na maioria das universidades (53%), mas fatores sazonais (temperaturas médias anuais altas ou baixas da cidade onde a IES está situada) podem colocar o plástico como outro material em grande relevância de geração, com composições superiores a 20%;
- A geração de resíduos em instituições de ensino superior é diferenciada nas diferentes épocas do ano: aumenta nos períodos letivos e reduz durante greves, férias e recessos;
- O fator econômico é relevante para redução ou desaceleração da geração de resíduos em qualquer ambiente;
- A composição de resíduos em universidades é diferenciada em relação a de um município e, portanto, é necessário haver o gerenciamento correto e específico para ambientes universitários;
- Foi previsto crescimento de cerca de 11% até 2036 na quantidade total de resíduos coletados no CT/UFRJ em relação a 2016.

8. RECOMENDAÇÕES, PROPOSTAS E NOVOS ESTUDOS

A busca de artigos confiáveis e com conteúdo relevante sobre quantificação e composição de resíduos em instituições de ensino superior mostrou que não existem dados históricos sobre a geração ou coleta de resíduos, informação importante para o gerenciamento de resíduos. A geração de resíduos é alta em uma universidade que conta com grande número de pessoas que circulam por ela diariamente, somando que são unidades de formação de profissionais. Dessa forma, sugestões de novos estudos e recomendações de redução podem ser enunciadas.

SMYTH et al. (2010) sugeriram que campanhas e educação ambiental devem ser adotados com temas e materiais que causem impacto relevante aos geradores, como sugestão de Bolaane (2006) e Amutenya et al. (2009). Na universidade, até então, haviam coletores específicos para papéis, porém eles poderiam ter mais eficiência quanto à disposição se estivessem alocados em locais estratégicos, com a necessidade de que houvesse comunicação na própria universidades, em sua gestão de reciclagem, e também com a indústria de reciclagem. Lembrem que a tentativa de reutilização dos materiais deveria ser levada em consideração antes de tentar reciclá-los, respeitando a hierarquização de destinação de resíduos: deve-se reduzir a geração, tentar a reutilização e, se não houver a possibilidade, enviá-los à indústria de reciclagem. Bem como sugeriram Vega et al. (2008), pode-se reduzir a geração de papéis com o uso dos dois lados da folha, não apenas uma delas; também é dito que é possível enviar documentos de forma eletrônica, em vez de imprimi-los.

Para os resíduos recicláveis em geral, VEGA et al. (2008) mencionam que as universidades deveriam seguir os exemplos de países desenvolvidos, com campanhas de incentivo à reutilização e redução de sua geração, como ocorreu na UNBC (SMITHY et al., 2010).

Para a redução do plástico, pode-se criar campanhas de compra de canecas próprias, com o intuito de tê-las como usos múltiplos, pois podem ser lavadas. Outra forma de reduzir é a criação de taxas extras para a compra de recipientes de bebidas, partindo-se do pressuposto que, com maiores taxas, menores as compras dos mesmos (SMYTH et al., 2010).

As estratégias de redução propostas por Adeniran et al. (2017) são similares àquelas do estudo feito na universidade canadense, respeitando a hierarquia do lixo que é a de

reduzir a geração na fonte; reutilizar; e reciclar, nesta ordem (SMYTH et al., 2010). Os autores mencionam a compostagem para os orgânicos putrescíveis e, se os resíduos forem rejeitos ou sem potencial de reciclagem, enviá-los para um aterro sanitário.

Embora não relevante para o presente trabalho, os resíduos orgânicos putrescíveis, que compõem a maior percentagem de geração, podem ser utilizados em compostagem. Entretanto, são necessários, estudos de viabilidade para a implementação desta técnica. (TAGHIZADEH et al., 2012). Recomenda-se estimar esses materiais no CT/UFRJ;

Ainda sobre a geração e coleta de papéis, Vega et al. (2008) explicaram que esses materiais acabavam sendo descartados por estarem misturados a outros tipos de resíduos, que o contaminam e reduzem a possibilidade de reciclar. Além disso, verificou-se que grande parte são utilizados apenas em um dos lados da folha, não havendo o reuso dos mesmos, como rascunho.

Nesse sentido, alguns estudos e sugestões dos artigos analisados podem ser mencionados como exemplos a serem seguidos no CT/UFRJ:

O Centro possui grande potencial de reciclagem dos seus resíduos, com crescente produção desses materiais ao longo dos anos. Pode-se mencionar o estudo de Boysan et al. (2015), que quantificou os principais resíduos recicláveis e estimou custos de implementação de recicladoras dentro do *campus* da universidade para papel e plástico. Um estudo de reciclagem similar pode ser feito para a universidade, que pode incluir, além desses materiais, o metal, que possui a segunda maior quantidade coletada dentre os demais materiais (19%);

➤ Vale lembrar que o Instituto de Macromoléculas (IMA/UFRJ) possui uma recicladora em escala de laboratório, especificamente instalada no Núcleo de Excelência em Reciclagem e Desenvolvimento Sustentável – NERDES, que conta com injetora, extrusora, e outros equipamentos que possibilitam a reciclagem de copos plásticos coletados pelo Recicla CT;

➤ Um plano de amostragem mensal de todos os resíduos gerados no CT, durante uma semana do mês, para caracterização gravimétrica, seguindo recomendações da NBR 10.007:2004, pode ser elaborado pela equipe técnica do Programa Recicla CT. As amostragens mensais, em uma das semanas, possibilitarão a comparação de geração e composição dos resíduos em períodos letivos, férias e greve. Elas podem ser feitas em coletores coloridos escolhidos espalhados pelos corredores do CT e também nas caçambas de lixo comum localizadas fora do Centro de Triagem, como feito por Andrade

(2014). Isto poderia mensurar a eficiência de classificação e coleta seletiva do programa, pois mostraria os resíduos recicláveis que estão sendo descartados.

➤ O Programa Recicla CT pode fazer campanhas mais incisivas e diretas com a população ativa do CT, principalmente no começo dos períodos letivos com os alunos de graduação ingressantes, sendo esta a maior parte da população de geradores (mais de 50%). Campanhas com foco na redução do papel, como o incentivo ao uso dos dois lados da folha, reuso do material como rascunho e preferência por uso de sistemas digitais. Para a redução de plástico, incentivar o reuso de garrafas plásticas e a utilização de canecas e garrafas próprias;

➤ Estudo específico para a destinação mais apropriada do metal gerado no CT, por possuir grande relevância na geração (19%), com propostas de reutilização com o beneficiamento como, por exemplo, a confecção de cadeiras e mesas;

➤ Ainda que não seja o foco deste trabalho, foi observada nos vários estudos (ESPINOSA et al., 2008; VEGA et al., 2008; SMYTH et al., 2010; TAGHIZADEH et al., 2012; COKER et al., 2016) a preocupação sobre as quantidades de matéria orgânica putrescível produzida. Com isso, sugeriram a compostagem como um exemplo de destinação final, que também é considerada uma reciclagem desse material.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADENIRAN, A.E. et al. "Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management". *Waste Management* v.67, Lagos: Lagos, 2017. p. 3-10.

ADVFN BRASIL. **PIB Brasil**. Disponível em: <<https://br.advfn.com/indicadores/pib/pib-per-capita>>. Acesso em: 10 Nov 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) – INTERNATIONAL. **ASTM D 5231 – 2016: Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste**. ASTM, 2016.

ANDRADE, E. A. T. **Avaliação do ciclo de vida na gestão de resíduos sólidos: um estudo de caso da coleta seletiva do centro de tecnologia da universidade federal do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: UFRJ. 2014.

AdUFRJ **Novas firmas terceirizadas de limpeza iniciam atividades na UFRJ** Disponível em: <<https://adufjrj.org.br/noticia/novas-firmas-terceirizadas-de-limpeza-iniciam-atividades-na-ufrj/>>. 2015a. Acesso em: 13 Mar 2018.

AdUFRJ **Falta de salários interrompe recolhimento do lixo na UFRJ** Disponível em: <<https://adufjrj.org.br/noticia/venturelli-x-ufrj-nova-audiencia-no-ministerio-publico-do-trabalho-ocorre-dia-10/>>. 2015b. Acesso em: 13 Mar 2018.

APOLO11.COM. **Latitude e longitude das cidades brasileiras**. Disponível em: <<http://www.apolo11.com/latlon.php>>. Acesso em: 23 Jan 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação**. ABNT, 2004a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10007: Resíduos Sólidos – Amostragem**. ABNT, 2004b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panoramas dos Resíduos Sólidos: 2003 a 2016**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm>. Acesso em: 20 Out 2017.

BARBOSA FILHO, F.H. "A crise econômica de 2014/2017". *Estudos Avançados* v.31, n.89, São Paulo: São Paulo, 2017.

BOYSAN, F. et al. "Project on Solid Waste Recycling Plant in Sakarya University Campus". *Procedia Earth and Planetary Science* v.15, Serdivan: Sakarya, 2015. p. 590-595.

BRASIL. **Coleta Seletiva em Órgãos Públicos Federais**. Decreto nº 5940 de 25 de outubro de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5940.htm>. Acesso em: 7 Ago 2017.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 5 Ago 2017.

BRASIL. **Política Nacional de Saneamento Básico**. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 4 Ago 2017.

CAETANO, R.L et al. **Ferramenta para apoio no gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos na Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM)**. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental: IBEAS. Campina Grande: Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). 2016, p.1-9.

CAMPOS, H. K. T. "Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil". *Eng. Sanit. Ambient.* v.17, n.2. ABES: Rio de Janeiro. 2012. p.171-180.

CLIMATEMPO. **Climatologia**. Disponível em: <<https://www.climatepo.com.br/>>. Acesso em: 5 Fev 2018.

CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>>. Acesso em: 23 Jan 2018.

COKER, A.O. et al. "Solid Waste Management Practices at a Private Institution of Higher Learning in Nigeria". *Procedia Environmental Sciences* v.35, Ota: Ogun, 2016. p. 28-39.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA (COMLURB). **Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares da Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: COMLURB, 2016.

CRUZ, J. A. et al. III-244 - **Diagnóstico dos resíduos sólidos da Universidade Federal de Goiás**. 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental: ABES. Recife: Centro de Convenções de Pernambuco. 2009, p.1-7.

ESPINOSA, R.M. et al. "Integral urban solid waste management program in a Mexican university". *Waste Management* v.28, supl. 1, Iztacalco: Cidade do México, 2008. p. S27-S32.

FAGNANI, E.; GUIMARÃES, J. R. "Waste management plan for higher education institutions in developing countries: The Continuous Improvement Cycle model". *Journal of Cleaner Production* v.147, Campinas: São Paulo, 2017, p. 108-118.

FUNDAÇÃO CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO (CEPERJ). **Produto Interno Bruto do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: CEPERJ. Disponível em: <<http://www.ceperj.rj.gov.br/ceep/pib/pib.html>>. Acesso em: 09 Mar 2018.

G1.GLOBO. **Greve dos docentes da UFRJ chega ao fim após quase 2 meses**. Rio de Janeiro: G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2015/08/greve-dos-docentes-da-ufrj-chega-ao-fim-apos-quase-2-meses.html>>. Acesso em: 18 Jan 2018.

G1.GLOBO. **Professores da UFRJ decidem pelo fim da greve**. Rio de Janeiro: G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2012/08/professores-e-servidores-da-ufrj-decidem-pelo-fim-da-greve.html>>. Acesso em: 18 Jan 2018.

GONÇALVES, M. S. et al. "Gerenciamento de resíduos sólidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Francisco Beltrão", *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* n.15, Francisco Beltrão: Paraná, 2010. p. 79-84.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Brasil em Síntese**. Disponível em: <<https://brasilemsintese.ibge.gov.br/contas-nacionais/pib-per-capita>>. Acesso em: 22 Jan 2018.

JULIATTO, D.L et al. "Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para Instituições Públicas de Ensino Superior". *Rev. GUAL* v.4, n.3, Florianópolis: Santa Catarina, 2011. p.170-193.

KER, A.B et al. "Composição gravimétrica dos resíduos sólidos produzidos no campus I do Centro Universitário FAESA". *Revista Científica Faesa* v.13, n.1, 2017. p-48-53.

LATLONG.NET. **Get Latitude and Longitude**. Disponível em: <<https://www.latlong.net/>>. Acesso em: 23 Jan 2018.

MEDEIROS, J.E. S. F. et al. "Análise da evolução e estimativa futura da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa e relação com outros

indicadores de consumo”. *Eng. Sanit. Ambient.* v.20, n.1, ABES: Rio de Janeiro. 2015. p.119-130.

MONTGOMERY, D. C. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6 ed. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc. 2009. p. 81-83; 113-116.

NARDY, M. B C. et al. “Análise de processos em uma instituição de ensino superior visando a implantação de um sistema de gestão ambiental”. *Revista de Ciências Gerenciais* v.14, n.19, São Paulo: Anhanguera. 2010. p.33-54.

PACHECO, E. V. et al. “Tratamento de resíduos gerados em laboratórios de polímeros: um caso bem sucedido de parceria universidade-empresa”. *Polímeros* v.13, n.1, p. 14-21.

PARAÍBA. **Coleta seletiva em órgãos públicos**. Lei Nº 9.293, de 22 de dezembro de 2010. Disponível em: <http://paraiba.pb.gov.br/wp-content/uploads/diariooficial_old/diariooficial23122010.pdf> Acesso em: 8 Mar 2018.

PIRES, F.; BALIEIRO, S. “O mundo depois da crise de 2008”. *Época Negócios*, 2013. Disponível em: <<http://epocanegocios.globo.com/Informacao/Visao/noticia/2013/09/o-mundo-depois-da-crise-de-2008.html>>. Acesso em: 15 Jan 2018.

PLASTICSEUROPE. An analysis of European plastics production, demand and waste data. In: **Plastics – the Facts 2017**. Bruxelas: Plastics Europe, Association of Plastics Manufacturers, 2018, p. 3-41. Disponível em: http://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf>. Acesso em: 20 Fev 2018.

RIO DE JANEIRO (GOVERNO DO ESTADO). **Coleta seletiva em órgãos públicos**. Lei Nº 40.645, de 08 de março de 2007. Disponível em: <http://www.mncr.org.br/biblioteca/legislacao/legislacao-no-estados/legislacao-no-rio-de-janeiro/Decreto2040.64520_RJ.pdf/at_download/file>. Acesso em: 07 Mar 2018.

RIO DE JANEIRO (PREFEITURA DO MUNICÍPIO). **Coleta seletiva em órgãos públicos**. Decreto Nº 30.624, de 22 de abril de 2009. Disponível em: <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/3372233/DLFE-261904.pdf/DECRETOMUNICIPALN3.0..6.2.4.DE2.2.DEABRILDE2.0.0.9..pdf>>. Acesso em: 07 Mar 2018.

SÃO PAULO (PREFEITURA DO MUNICÍPIO). **Coleta seletiva em órgãos públicos**. Projeto de Lei Nº 14.470, de 23 de junho de 2011. Disponível em:

<<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2011/lei-14470-22.06.2011.html>>. Acesso em: 08 Mar 2017.

SECRETARIA GERAL DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA (SEaD). **O que é e para que serve o Moodle**. Disponível em: <<http://www.sead.ufscar.br/o-que-e-e-para-que-serve-o-moodle/>>. Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR): São Paulo. Acesso em: 18 Mar 2018.

SILVA, J. D. J. C. da. et al. Gravimetric Analysis as an Environmental Education Tool at the Polytechnic School of the University of Pernambuco. In: **SBE16 Brazil & Portugal - Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, 2016, Vitória. SBE Series 2016**. Vitória: Universidade do Minho e UFES, 2016, p.661-670.

SMYTH, D. P. et al. "Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus". **Resources, Conservation and Recycling** v.54, sp iss.11, Prince George: British Columbia (BC), 2010. p. 1007-1016.

SOUSA, A. O. et al. Gestão de resíduos sólidos do campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade: Congestas 2015**, v.3. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2015. p.320-327.

TAGHIZADEH, S. et al. "Solid waste characterization and management within university campuses case study: university of Tabriz". **Elixir Pollution** v.43, Tabriz: Azerbaijan Oriental, 2012. p. 6650-6654.

TAUCHEN, J; BRANDLI, L. L. "A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário", **Gestão & Produção** v.13, n.3, 2006. p. 503-515.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2ª edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011. p. 41-45.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **A graduação em números**. Disponível em: <https://xn--graduao-2wa9a.ufrj.br/images/Apresentao_site_pr1.pdf>. 2016. Acesso em: 14 Out 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **Centro de Tecnologia (CT) - UFRJ**. 2017b. Disponível em: <<https://www.ct.ufrj.br/decania/atuacao>>. Acesso em: 22 Set 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **Escola de Química da UFRJ (EQ)**. s.d. Disponível em: <<http://www.eq.ufrj.br/graduacao/laboratorios-de-ensino/>>. Acesso em: 2 Jan 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). **Parque Tecnológico UFRJ**. 2017a. Disponível em: <<http://www.parque.ufrj.br/o-parque/incubadora-de-empresas/>>. Acesso em: 22 Dez 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (RECICLA CT). **Quantidade Mensal de Resíduos Encaminhados ao Centro de Triagem do Programa ReciclaCT, 2010 – 2016**. Recicla CT, 2017a.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (RECICLA CT). **Resumo 2016 - Programas Ambientais do CT**. Recicla CT, 2017b.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (UFRJ). PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO (PR1). **Calendário Acadêmico 2013 – 2018**. s.d. Disponível em: <<https://pr1.ufrj.br/index.php>>. Acesso em: 18 Fev 2018.

VEGA, C. A. et al. "Solid waste characterization and recycling potential for a university campus", *Waste Management* v. 28, supl. 1, Mexicali: Baja California, 2008. p. S21-S26.

10. ANEXOS

ANEXO I: DADOS OBTIDOS DAS QUANTIDADES DE TODOS OS RESÍDUOS DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS ANALISADOS

i) Instituições de ensino superior brasileiras

RESÍDUOS	PERCENTUAL MÁSSICO (%) DE RESÍDUOS DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS								
	UFG (2009)	UTFPR (2010)	UERA (2010)	UFAM (2015)	UEPB (2015)	UPE (2016)	FAESA (2017)	UNICAMP (2017)	UFRJ (2017)
PAPEL e PAPELÃO	56,5%	18,8%	49,0%	14,4%	19,9%	16,0%	5,6%	50,5%	57,0%
PLÁSTICO	3,2%	15,2%	11,0%	15,8%	18,0%	17,0%	1,6%	8,4%	6,9%
METAL	0,7%	0,3%	2,0%	0,9%	0,2%	1,2%	0,6%	0,1%	17,8%
VIDRO	0,3%	0,2%	1,0%	5,0%	2,9%	-	0,2%	1,0%	4,1%
MADEIRA	-	0,7%	-	-	-	-	0,2%	-	-
OUTROS	20,5%	9,7%	-	0,8%	-	-	-	4,3%	4,3%
ISOPOR	-	-	-	2,0%	-	-	0,2%	-	-
COMPÓSITO	-	-	-	4,5%	-	-	-	-	-
EMBALAGEM LAMINADA (TETRAPAK)	-	-	-	-	-	4,2%	0,9%	0,1%	0,2%
ESPECIAIS	-	-	-	-	-	-	0,5%	-	-
TRAPOS	-	-	-	-	-	-	1,0%	-	-
RESÍDUOS DE VARRIÇÃO	-	-	-	-	-	-	-	16,4%	-
ORGÂNICO	18,8%	29,8%	37,0%	-	3,5%	33,2%	21,0%	4,1%	-
REJEITOS	-	20,7%	-	56,6%	51,4%	28,4%	68,2%	1,2%	8,4%
DE LABORATÓRI	-	4,6%	-	-	-	-	-	-	-
PATOGÊNICO	-	-	-	-	4,2%	-	-	14,2%	-
LÍQUIDO	-	-	-	-	-	-	-	-	1,1%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Adaptação de (CRUZ et al., 2009; NARDY et al., 2010; GONÇALVES et al., 2010; SOUSA et al., 2015; CAETANO et al., 2016; SILVA et al., 2016; KER et al., 2017; FAGNANI & GUIMARÃES, 2017; RECICLA CT – UFRJ, 2017).

ii) Dados fornecidos de universidades brasileiras em quilogramas (kg): UPE (SILVA et al., 2016), FAESA (KER et al., 2017) e UFRJ (RECICLA CT, 2017).

UPE (2016)					
Em quilogramas (KG)	MATERIAL	1º	2ª	média	%
		Análise	Análise		resíduos
	PAPEL/PAPELÃO	4,72	6,64	5,68	16%
	PLÁSTICO	0,89	11,16	6,025	17%
	METAL	0,77	0,1	0,435	1%
	VIDRO	-	-		0%
	TETRAPAK	2,93	0,02	1,475	4%
	REJEITO	3,44	16,68	10,06	28%
	ORGÂNICO	-	11,76	11,76	33%
TOTAL	12,75	17,92	35,44	100%	

FAESA(2017)					
Em quilogramas (KG)	MATERIAL	RECESSO	LETIVO	MÉDIA	% resíduos
	ORGANICO	108,2	205,9	157,1	21,0%
	VIDRO	0,2	2,7	1,4	0,2%
	PAPEL/PAPELÃO	42,1	41,6	41,8	5,6%
	PLÁSTICO (plástico + reservatório plástico + copos plásticos)	8,0	16,0	12,0	1,6%
	METAL (alumínio+ferro+INOX)	3,7	5,3	4,5	0,6%
	TRAPOS	3,1	11,2	7,2	1,0%
	ESPECIAIS	6,2	2,0	4,1	0,5%
	LAMINADO	2,4	11,5	7,0	0,9%
	ISOPOR	0,7	2,1	1,4	0,2%
	MADEIRA	1,8	0,7	1,3	0,2%
REJEITO	264,1	755,8	510,0	68%	
TOTAL	440,5	1054,8	747,6	100%	

UFRJ (2017)				
Em quilogramas (KG)	MATERIAL	TOTAL	%	
		(2010 - 2016)	resíduos	
PAPEL	PAPELÃO CAPA	104.003,2	20,5%	
	PAPELÃO MISTO	13.579,3	2,7%	
	PAPEL COLA	42.811,0	8,5%	
	PAPEL MISTO	17.827,3	3,5%	
	PAPEL BRANCO	80.352,7	15,9%	
	JORNAL	10.564,9	2,1%	
	REVISTA	19.500,6	3,9%	
	PLÁSTICO	ALTO IMPACTO	1.675,5	0,3%
		PET BRANCA	9.328,4	1,8%
		PET COLORIDA	2.490,3	0,5%
PET ÓLEO		499,5	0,1%	
PP		8.496,7	1,7%	
PEAD BRANCO		2.675,1	0,5%	
PEAD COLORIDO		2.297,4	0,5%	
PLAST.FILME BRANCO		3.329,5	0,7%	
PLÁST.FILME COLORIDO		3.954,2	0,8%	
PVC		1.692,5	0,3%	
METAL	LATA DE ALUMINIO	4.248,6	0,8%	
	SUCATA	24.867,0	4,9%	
	SUCATA DE FERRO	60.956,4	12,0%	
VIDRO		20.665,2	4,1%	
TETRAPAK		1.235,5	0,2%	
OUTROS		21.659,0	4,3%	
LIQUIDO (L)		5.339,1	1,1%	
REJEITO (kg)		42.307,6	8,4%	
TOTAL		506.356,5	100%	

iii) Instituições de ensino superior de outros países

RESÍDUOS	PERCENTUAL MÁSSICO (%) DE RESÍDUOS DAS UNIVERSIDADES DE OUTROS PAÍSES						
	UAM (2008)	UABC (2008)	UNBC (2010)	Tabriz (2012)	Sakarya (2015)	Covenant (2016)	Lagos (2017)
PAPEL e PAPELÃO	54,8%	43,6%	29,1%	18,2%	60,0%	35,0%	15,0%
PLÁSTICO	18,3%	6,7%	8,1%	22,2%	20,0%	12,0%	33,0%
METAL	0,2%	2,5%	0,7%	8,9%	-	10,0%	3,0%
VIDRO	17,2%	3,6%	0,1%	10,5%	-	3,0%	2,0%
CONSTRUÇÃO/DEMOLIÇÃO	-	1,8%	-	1,5%	-	-	-
OUTROS	-	-	0,6%	-	5,0%	-	-
RECIPIENTES DE BEBIDAS	-	-	5,2%	-	-	-	-
COPOS DESCARTÁVEIS DE BEBIDAS QUENTES	-	-	5,3%	-	-	-	-
POLIESTIRENO EXPANDIDO	9,4%	-	0,8%	-	-	-	-
ELETRÔNICO	-	-	-	1,3%	-	-	0,0%
AREIA	-	-	-	-	-	2,0%	-
COURO	-	-	-	-	-	2,0%	4,0%
TÊXTEIS	-	-	-	1,3%	-	5,0%	7,0%
MADEIRA	-	-	-	0,5%	-	-	-
EMBALAGEM LAMINADA (TETRAPAK)	-	-	-	-	15,0%	-	-
ORGÂNICO	-	10,2%	21,6%	25,8%	-	29,0%	15,0%
PERIGOSOS	-	0,3%	-	0,4%	-	-	-
REJEITOS	-	31,3%	28,4%	9,5%	-	2,0%	13,0%
INERTES	-	-	-	-	-	-	8,0%
TOTAL	100,00%	100,00%	100%	100,00%	100,00%	100%	100%

Fonte: Adaptação de (ESPINOSA et al., 2008; VEGA et al., 2008; SMYTH et al., 2010; TAGHIZED et al., 2012; BOYSAN et al., 2015; COKER et al., 2016; ADENIRAN et al., 2017).

iv) Dados fornecidos de universidades de outros países em quilogramas (kg): UAM (ESPINOSA et al., 2008)

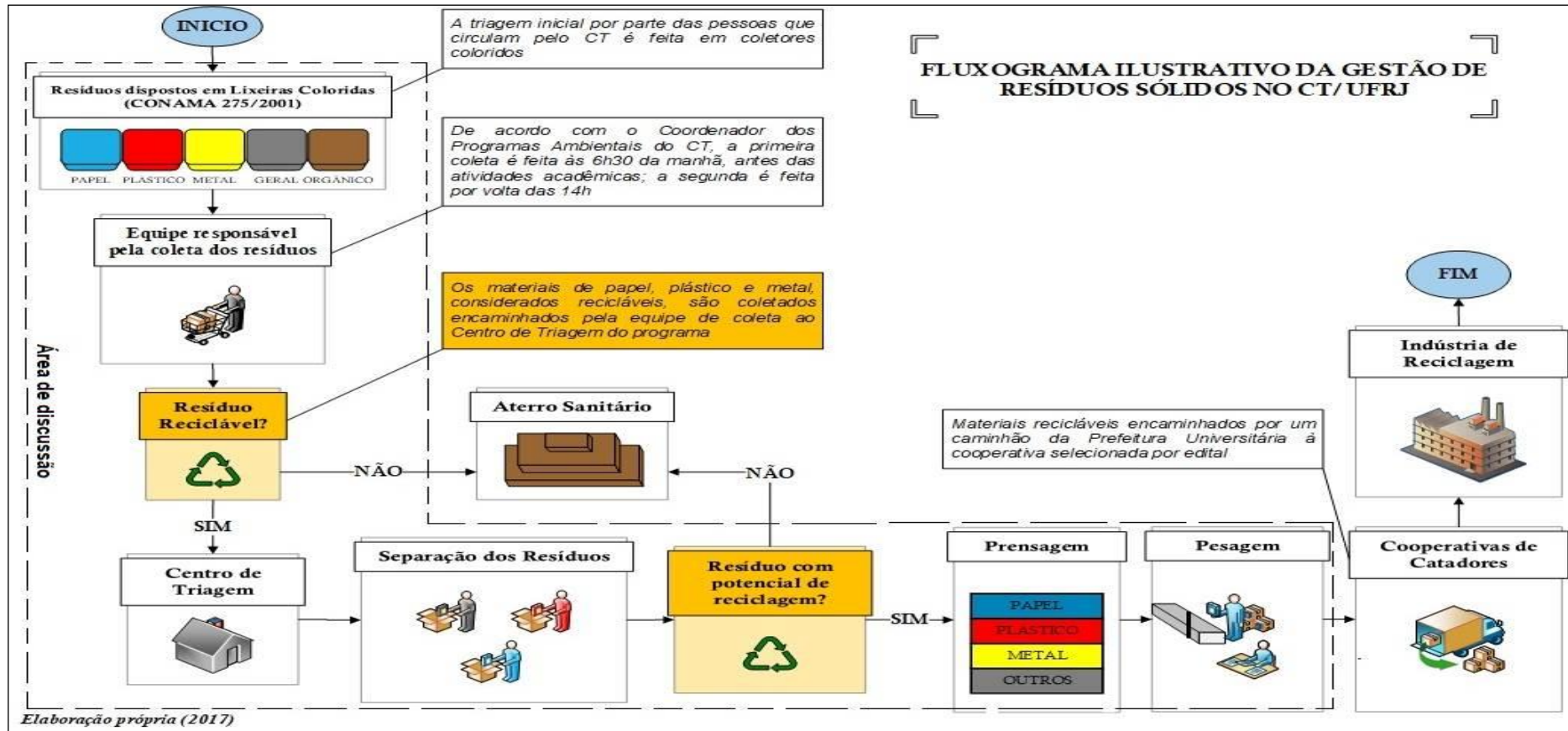
UAM (2008)			
Em quilogramas (KG)	PAPEL e PAPELÃO	3.418,60	54,8%
	PLÁSTICO	1.141,25	18,3%
	METAL	13,75	0,2%
	VIDRO	1.075,95	17,2%
	EMBALAGEM LAMINADA	587,85	9,4%
	TOTAL	6.237,40	100%

Fonte: Adaptado de Espinosa et al. (2008).

ANEXO II: QUANTIDADE ANUAL DE RESÍDUOS ENCAMINHADOS AO CENTRO DE TRIAGEM DO RECICLA CT 2010 – 2016

UFRJ (2017)									
MATERIAL	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL (2010-2016)	
PAPEL	PAPELÃO CAPA	12.480	18.373	16.717	21.501	14.643	9.163	11.127	288.639
	PAPELÃO MISTO	2.020	1.951	2.189	2.476	1.720	1.573	1.651	
	PAPEL COLA	2.127	14.512	5.232	4.284	4.854	4.875	6.929	
	PAPEL MISTO	1.704	2.728	3.314	3.475	2.200	1.747	2.660	
	PAPEL BRANCO	7.418	9.149	9.535	14.944	10.599	14.111	14.597	
	JORNAL	1.678	2.458	1.680	1.339	888	889	1.633	
	REVISTA	1.449	2.091	2.044	3.405	2.441	4.720	3.352	
PLÁSTICO	ALTO IMPACTO	436	488	148	122	150	42	291	36.439
	PET BRANCA	1.310	1.498	1.262	1.970	1.104	1.053	1.134	
	PET COLORIDA	433	444	357	471	278	305	205	
	PET ÓLEO	33	81	89	84	48	89	77	
	PP	1.086	1.441	1.213	1.961	999	784	1.014	
	PEAD BRANCO	202	325	643	579	549	206	172	
	PEAD COLORIDO	415	319	535	409	216	186	219	
	PLAST.FILME BRANCO	396	534	792	617	423	322	248	
	PLÁST.FILME COLORIDO	899	805	480	805	414	257	295	
	PVC	165	324	144	267	203	184	407	
METAL	LATA DE ALUMINIO	406	809	669	912	634	442	379	90.072
	SUCATA	1.419	3.092	4.332	4.308	3.410	3.610	4.699	
	SUCATA DE FERRO	6.266	10.193	10.553	12.901	5.746	6.809	8.490	
VIDRO	2.993	2.190	2.921	3.132	2.121	2.080	5.229	20.665	
TETRAPAK	227	201	192	255	148	113	101	22.895	
OUTROS	8.528	524	1.394	4.624	5.030	1.092	469		
TOTAL RECICLÁVEIS (kg)	54.087	74.525	66.429	84.838	58.814	54.646	65.372	458.710	
LIQUIDO (L)	981	1.329	1.302	1.681	46	0	0	5.339	
REJEITO (kg)	10.075	14.104	8.392	9.393	345	0	0	42.308	
TOTAL								506.356,5	

ANEXO III: FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA E PESAGEM DE RESÍDUOS DO RECICLA CT – UFRJ



ANEXO IV: DADOS OBTIDOS E MANIPULADOS DOS ARTIGOS CIENTÍFICOS ANALISADOS

MATERIAL	PERCENTUAL MÁSSICO (%) DE RESÍDUOS DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS								
	UFG (2007)	UTFPR (2010)	ANHANGUERA (2010)	UFAM (2015)	UEPB (2015)	UPE (2015)	UNICAMP (2017)	FAESA (2016)	UFRJ (2017)
PAPEL e PAPELÃO	69,6%	41,9%	77,8%	33,2%	48,7%	41,7%	62,5%	51,9%	63,2%
PLÁSTICO	3,9%	33,9%	17,5%	36,4%	44,0%	44,3%	10,4%	14,9%	7,3%
METAL	0,9%	0,7%	3,2%	2,1%	0,4%	3,2%	0,1%	5,6%	19,7%
VIDRO	0,4%	0,5%	1,6%	11,5%	7,0%	-	1,2%	1,8%	4,5%
OUTROS	25,2%	23,1%	-	16,8%	-	10,8%	25,7%	25,9%	5,0%

MATERIAL	PERCENTUAL MÁSSICO (%) DE RESÍDUOS DAS UNIVERSIDADES DE OUTROS PAÍSES						
	UAM (2008)	UABC (2008)	UNBC (2010)	Tabriz (2012)	Sakarya (2015)	Covenant (2016)	Lagos (2017)
PAPEL e PAPELÃO	54,8%	74,9%	58,3%	28,3%	60,0%	50,7%	23,4%
PLÁSTICO	18,3%	11,5%	16,2%	34,4%	20,0%	17,4%	51,6%
METAL	0,2%	4,3%	1,4%	13,8%	-	14,5%	4,7%
VIDRO	17,2%	6,2%	0,2%	16,4%	-	4,3%	3,1%
OUTROS	9,4%	3,1%	23,8%	7,1%	20,0%	13,0%	17,2%

Fonte: Elaboração própria. 2018

ANEXO V: QUANTIDADE ANUAL DE RESÍDUOS COLETADOS PELA COMLURB, DE 2010 A 2016

MUNICÍPIO RJ (COMLURB, 2016)								
COMPONENTES (%)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	MÉDIA % (2010-2016)
PAPEL - PAPELÃO	16,5%	16,8%	16,0%	16,8%	15,6%	15,1%	14,8%	15,96%
PLÁSTICO	19,1%	19,3%	19,1%	19,0%	21,0%	17,8%	20,2%	19,37%
VIDRO	3,0%	3,2%	3,3%	3,4%	3,5%	3,7%	3,6%	3,36%
MATÉRIA ORGÂNICA PUTRESCÍVEL	55,0%	52,7%	53,3%	52,8%	52,0%	53,6%	53,2%	53,23%
METAL	1,4%	1,7%	1,6%	1,6%	1,7%	1,7%	1,7%	1,61%
INERTE	1,0%	1,4%	1,8%	1,1%	1,1%	2,0%	1,2%	1,38%
FOLHA	1,1%	1,1%	1,4%	1,4%	1,0%	1,2%	1,0%	1,15%
MADEIRA	0,4%	0,4%	0,3%	0,5%	0,4%	0,5%	0,5%	0,43%
BORRACHA	0,2%	0,3%	0,2%	0,3%	0,2%	0,3%	0,3%	0,25%
PANO - TRAPO	1,6%	2,1%	1,8%	1,9%	2,0%	2,4%	2,1%	1,97%
COURO	0,1%	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,3%	0,3%	0,27%
OSSO	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,04%
COCO	0,4%	0,6%	0,8%	0,5%	0,7%	0,7%	0,6%	0,61%
VELA / PARAFINA	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,04%
ELETRO / ELETRÔNICO	0,2%	0,2%	0,2%	0,3%	0,4%	0,5%	0,5%	0,33%

Fonte: COMLURB (2016).

	MATERIAL	MÉDIA (%)	COMPOSIÇÃO (%)
SEM MATÉRIA ORGÂNICA	PAPEL - PAPELÃO	16%	34%
	PLÁSTICO	19%	41%
	VIDRO	3%	7%
	METAL	2%	3%
	OUTROS	6%	14%
	TOTAL	47%	100%

Fonte: Elaboração própria. 2017.

ANEXO VI: ESTIMATIVAS FUTURAS DE QUANTIDADES COLETADAS DE RESÍDUOS, 2016 – 2036, RECICLA CT/UFRJ

i) Estimativas futuras de resíduos coletados em toneladas (t)

Estimativas Futuras de Quantidades Coletadas (t), de 2016 - 2036, pelo Recicla CT/UFRJ																						
CENÁRIO	MATERIAL	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	
CENÁRIO 1	PAPEL	36,5	32,3	28,7	25,5	22,6	20,0	17,8	15,8	14,0	12,4	11,0	9,8	8,7	7,7	6,8	6,0	5,4	4,8	4,2	3,7	
	PLÁSTICO	4,6	4,1	3,6	3,2	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	
	METAL	11,3	10,0	8,9	7,9	7,0	6,2	5,5	4,9	4,3	3,8	3,4	3,0	2,7	2,4	2,1	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	
	VIDRO	2,7	2,4	2,1	1,9	1,6	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
	OUTROS	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
CENÁRIO 2	PAPEL	41,3	41,6	41,8	42,1	42,3	42,6	42,8	43,1	43,4	43,6	43,9	44,1	44,4	44,7	44,9	45,2	45,5	45,7	46,0	46,3	
	PLÁSTICO	5,2	5,2	5,3	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	
	METAL	12,8	12,9	12,9	13,0	13,1	13,2	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,6	13,7	13,8	13,9	14,0	14,1	14,1	14,2	14,3	
	VIDRO	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3	3,4
	OUTROS	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7
CENÁRIO 3	PAPEL	49,1	58,8	70,3	84,0	100,4	120,1	143,6	171,7	205,3	245,5	293,6	351,0	419,7	501,9	600,1	717,5	857,9	1.025,8	1.226,6	1.466,7	
	PLÁSTICO	6,2	7,4	8,8	10,6	12,7	15,1	18,1	21,6	25,9	30,9	37,0	44,2	52,9	63,2	75,6	90,4	108,1	129,2	154,5	184,7	
	METAL	15,2	18,2	21,7	26,0	31,1	37,1	44,4	53,1	63,5	75,9	90,8	108,5	129,8	155,2	185,5	221,8	265,3	317,2	379,2	453,5	
	VIDRO	3,6	4,3	5,1	6,1	7,3	8,7	10,4	12,5	14,9	17,9	21,4	25,5	30,5	36,5	43,6	52,2	62,4	74,6	89,2	106,7	
	OUTROS	3,9	4,7	5,6	6,7	8,1	9,6	11,5	13,8	16,5	19,7	23,6	28,2	33,7	40,3	48,2	57,6	68,9	82,4	98,5	117,8	

ii) Geração *per capita*, em kg/hab x dia (TGP)

GERAÇÃO PER CAPITA DE CADA RESÍDUO (KG/HAB.DIA)																						
DIAS LETIVOS	SERIE HISTORICA	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
249	POPULAÇÃO	13.852	14.235	14.629	15.023	15.416	15.810	16.204	16.598	16.991	17.385	17.779	18.173	18.566	18.960	19.354	19.748	20.141	20.535	20.929	21.323	21.716
	PAPEL	0,0122	0,0117	0,0114	0,0115	0,0116	0,0116	0,0117	0,0118	0,0118	0,0119	0,0120	0,0120	0,0121	0,0122	0,0123	0,0123	0,0124	0,0125	0,0126	0,0126	0,0127
	PLÁSTICO	0,0012	0,0015	0,0014	0,0014	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016	0,0016
	METAL	0,0039	0,0036	0,0035	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0036	0,0037	0,0037	0,0037	0,0037	0,0037	0,0038	0,0038	0,0038	0,0038	0,0039	0,0039	0,0039
	VIDRO	0,0015	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009
	OUTROS	0,0001	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010
	TOTAL	0,0189	0,0185	0,0181	0,0182	0,0184	0,0185	0,0186	0,0186	0,0187	0,0188	0,0189	0,0190	0,0191	0,0192	0,0194	0,0195	0,0196	0,0197	0,0198	0,0199	0,0201

iii) Geração *per capita*, em kg/hab x ano (TGP)

GERAÇÃO PER CAPITA DE CADA RESÍDUO (KG/HAB.ANO)																						
ANO	SÉRIE HISTÓRICA	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	POPULAÇÃO	13.852	14.235	14.629	15.023	15.416	15.810	16.204	16.598	16.991	17.385	17.779	18.173	18.566	18.960	19.354	19.748	20.141	20.535	20.929	21.323	21.716
	PAPEL	3,0283	2,9043	2,8430	2,8599	2,8770	2,8941	2,9114	2,9288	2,9462	2,9638	2,9815	2,9992	3,0171	3,0351	3,0532	3,0714	3,0897	3,1082	3,1267	3,1453	3,1641
	PLÁSTICO	0,2930	0,3658	0,3581	0,3602	0,3624	0,3646	0,3667	0,3689	0,3711	0,3733	0,3756	0,3778	0,3801	0,3823	0,3846	0,3869	0,3892	0,3915	0,3939	0,3962	0,3986
	METAL	0,9794	0,8979	0,8790	0,8842	0,8895	0,8948	0,9001	0,9055	0,9109	0,9163	0,9218	0,9273	0,9328	0,9384	0,9440	0,9496	0,9553	0,9610	0,9667	0,9725	0,9783
	VIDRO	0,3775	0,2112	0,2068	0,2080	0,2092	0,2105	0,2117	0,2130	0,2143	0,2156	0,2168	0,2181	0,2194	0,2207	0,2221	0,2234	0,2247	0,2261	0,2274	0,2288	0,2301
	OUTROS	0,0338	0,2333	0,2284	0,2297	0,2311	0,2325	0,2338	0,2352	0,2366	0,2381	0,2395	0,2409	0,2423	0,2438	0,2452	0,2467	0,2482	0,2497	0,2511	0,2526	0,2541
	TOTAL	4,7120	4,6126	4,5152	4,5421	4,5692	4,5965	4,6239	4,6514	4,6792	4,7071	4,7352	4,7634	4,7918	4,8204	4,8491	4,8780	4,9071	4,9364	4,9658	4,9954	5,0252

Resultados obtidos a partir da Equação 12

Fonte: Elaboração própria. 2018.