



ANA VIRGÍNIA MARTINS ALVES NEIVA

**CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E VOLUMÉTRICA DE
RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS EM SALAS DE AULA DO
ENSINO SUPERIOR**

**LAVRAS – MG
2019**

ANA VIRGINIA MARTINS ALVES NEIVA

**CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS
EM SALAS DE AULA DO ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal de Lavras, como parte
das exigências do Curso de Engenharia
Ambiental e Sanitária, para a obtenção do
título de Bacharel.

Profa. Dra. Camila Silva Franco
Orientadora
Profa. MSc. Gabriela Rezende de Souza
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2019**

ANA VIRGINIA MARTINS ALVES NEIVA

**CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA E DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS
EM SALAS DE AULA DO ENSINO SUPERIOR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

APROVADA em 25 de junho de 2019

Doutoranda: Gabriela Rezende de Souza – DRS/UFLA

Doutoranda: Vanessa Alves Mantovani – DRS/UFLA

Profa. Dra. Camila Silva Franco

Orientadora

MSc. Gabriela Rezende de Souza

Coorientadora

LAVRAS- MG

2019

AGRADECIMENTOS

Agradecer é reconhecer que não somos capazes de realizar sozinho qualquer função que nos é atribuída, ou simplesmente reconhecer que não somos capazes de viver sem ter pessoas ao nosso lado, que ajudam sem nem mesmo perceber. Agradeço, então, a Deus por sempre iluminar e abençoar meu caminho quando me deparo com situações inesperadas e aparentemente difíceis. Agradeço imensamente aos meus pais, Odair e Regina, que sempre me apoiaram nas decisões e que superaram as dificuldades para me ver feliz e realizada durante toda a jornada estudantil. Ao meu irmão Daniel por todo amparo e conselho nas horas críticas, e por todo amor, sei que minha felicidade e vitórias também são suas. Agradeço ao meu amor, Celso, por ser suporte, força e carinho. Agradeço também à minha maior fonte de força, meu filho Davi; Deus te colocou em nossas vidas para nos mostrar o mais puro sentimento que um ser humano poderia sentir. À toda minha família, pelo apoio incondicional e por serem uma extensão da minha casa sempre que preciso. Não posso deixar de lembrar de quem esteve comigo desde o início dessa longa jornada: às minhas irmãs da Republica Pira Saia, obrigada pelos melhores momentos da minha graduação e aos colegas da Preserva Jr, que foram muito importantes para a minha formação profissional. Às minhas Flores, por serem sempre aconchego e garantia de boas risadas. Às amigas de Lavras, principalmente Amanda, Naty, Maraca, Ita, Isa e Mari, quero agradecer as inúmeras alegrias compartilhadas e todo o apoio a mim oferecido. Obrigada a todos, saibam que cada um, a sua maneira, foi responsável por mais esta conquista.

RESUMO

A gestão e o gerenciamento dos Resíduos Sólidos (RS) é uma obrigatoriedade determinada pela Lei 12.305/2010, em que é instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Com a proposta de otimizar o gerenciamento dos RS da Universidade Federal de Lavras, pretendeu-se neste trabalho avaliar a caracterização gravimétrica e volumétrica dos resíduos gerados nos pavilhões de aula 4 e 5, bem como o dimensionamento dos recipientes de acondicionamento. A coleta e separação destes RS foram realizadas durante 17 dias, manualmente. Os RS provenientes das salas de aula e da área de circulação dos pavilhões de aulas 4 e 5 foram separados em 5 grandes grupos: papel, plástico, metal, orgânico e outros, já os RS provenientes dos banheiros destes pavilhões, foram coletados e tiveram massa e volume aferidos e imediatamente descartados sem triagem. Os RS gerados nos banheiros apresentaram maiores valores em massa (39%) e em volume (50%) nos pavilhões, seguido da classe outros (17% em massa e 7% em volume). Ao avaliar pela sua natureza, encontrou-se que os RS plásticos, de papel e orgânicos apresentavam 13% em massa e 28%, 10% e 3% em volume, respectivamente, dos resíduos analisados. Os RS metálicos foram os que apresentaram as menores quantidades, representando apenas 5% da massa e 2% do volume da média dos RS gerados nos pavilhões 4 e 5. O presente estudo apresentou resultados significativos quanto à geração em massa (31%) e volume (40%) dos RS recicláveis, dispostos nestes locais, e concluiu que, a separação por recicláveis e não-recicláveis reduziria, em muito, o volume e a massa de resíduos destinados de forma incorreta para o aterramento, 40% e 31% respectivamente. Quanto ao dimensionamento dos recipientes de acondicionamento dos RS, não haverá a necessidade de mudanças quanto ao volume (60 L) e a quantidade (12) dos que já são utilizados por pavilhão, já que são suficientes para acondicionar o volume médio de 147 L gerados diariamente. Haverá necessidade de identificar os recipientes de acondicionamento diferenciando-os entre recicláveis e não-recicláveis, com sacos plásticos de cores diferentes e adesivos, para que a coleta seja eficiente. Além disso, campanhas educativas socioambientais deverão ser implementadas para aprimorar a conscientização dos estudantes, professores e profissionais em geral que circulam pelo o local em relação à importância da separação dos RS. Tais ações poderiam gerar grandes economias para a Prefeitura de Lavras, lucro para a Associação dos Catadores de Materiais Descartáveis de Lavras e considerável redução do impacto destes resíduos no Meio Ambiente. Concluiu-se, então, que a implementação de um correto acondicionamento dos RS, após sua segregação, proporcionará ao *campus* melhoria no gerenciamento dos resíduos, atendimento à legislação, além de cumprir o papel social da instituição enquanto exemplo frente à sociedade.

Palavras – chaves: Reciclagem. Instituições públicas. Coleta seletiva. Gestão integrada.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição volumétrica média diária	21
Tabela 2- Comparação das gerações em volume entre os estudos apresentados	23
Tabela 3- Comparação das gerações em volume entre os estudos apresentados.....	26
Tabela 4- Preço dos materiais recicláveis em Lavras.....	27
Tabela 5- Geração per capita média para cada dia da semana.....	29
Tabela 6- Volume em litros dos resíduos sólidos recicláveis e não-recicláveis	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pavilhões de aula 4 e 5.....	13
Figura 2 – Separação manual dos Resíduos Sólidos.....	16
Figura 3 – Resíduos sólidos coletados em um dia.....	18
Figura 4 – Composição volumétrica dos resíduos gerados mensais nos Pavilhões 4 e 5.....	22
Figura 5 – Porcentagem em volume dos resíduos recicláveis e não–recicláveis gerados mensalmente nos Pavilhões 4 e 5.....	23
Figura 6 – Composição gravimétrica dos resíduos gerados mensais nos Pavilhões 4 e 5	25
Figura 7 – Porcentagem em massa dos resíduos recicláveis e não–recicláveis gerados mensalmente nos Pavilhões 4 e 5.....	26

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACAMAR	Associação de Catadores de Materiais Recicláveis de Lavras
ADCON	Administração e Conservação
AM	Amazonas
CC	Centro de Convivência
DMA	Diretoria de Meio Ambiente
FUP	Faculdade UnB de Planaltina
GRS	Gerenciamento de Resíduos Sólidos
IES	Instituições de Ensino Superior
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
UCS	Universidade Caxias do Sul
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFTPR	Universidade Federal Tecnológico do Paraná
UJI	Universidade Jaime I
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PET	Tereftalato de Polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
2.1	Caracterização da área de estudo	12
2.1.1	Universidade Federal de Lavras	12
2.1.2	Pavilhões de aula 4 e 5 (naves 1 e 2)	13
2.2	Coleta dos resíduos	14
2.3	Análise da composição gravimétrica e volumétrica dos resíduos coletados	15
2.4	Geração per capita semanal	18
2.5	Geração diária média de resíduos	19
2.6	Dimensionamento dos recipientes de acondicionamento de resíduos sólidos comuns e resíduos sólidos do banheiro	19
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1	Composição volumétrica e gravimétrica	21
3.2	Geração per capita semanal e geração diária média	28
3.3	Dimensionamento dos recipientes de acondicionamento dos RS recicláveis e não-recicláveis	29
4	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

1 INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas ambientais atuais é a geração desenfreada de resíduos sólidos urbanos (RSU) e seu potencial poluidor no meio ambiente. Segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), resíduo sólido é definido como qualquer material encontrado no estado sólido e semissólido resultante das atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição, abrangendo ainda os lodos originados de sistemas de tratamento de água, de equipamentos e instalações de controle de poluição, e determinados líquidos inviáveis para o lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água. Partindo-se desta premissa, e reconhecendo a importância de um gerenciamento de resíduos sólidos (GRS) efetiva, eficiente e eficaz, o Brasil elaborou e sancionou uma lei que apresenta e regulamenta o descarte adequado e a gestão de cada tipo de resíduo sólido (RS). Assim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - Lei nº 12.305/2010, apresenta os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo os perigosos, apresenta também às responsabilidades dos geradores e do poder público e os instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

A destinação inadequada de resíduos, além de gerar graves problemas sociais e de saúde pública, tem significativo impacto ambiental, podendo contribuir para a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas (NEVES; CASTRO, 2012). Grande parte desse problema pode estar relacionado à atual cultura da sociedade, baseada no consumismo no descarte de papel, alimentos, plásticos, metais ferrosos e não ferrosos, que geram impactos socioeconômicos e ambientais. Um bom exemplo desta problemática é a obsolescência programada dos equipamentos eletroeletrônicos, em que, com o desenvolvimento tecnológico, e com pouco tempo de uso o aparelho que fora adquirido torna-se ineficiente para as funções necessárias.

Desta forma, devido à incapacidade de renovação completa dos recursos naturais, a produção, cada vez maior de RS, leva ao aumento da pressão contra as autoridades para que haja melhor manejo, tanto dos recursos quanto dos rejeitos produzidos. (Ebrahimi, K.; North, A. L., 2017). Dentre os objetivos do gerenciamento dos RSU, o principal é proteger a saúde da população e promover a qualidade ambiental, para o desenvolvimento da sustentabilidade, sem prejuízo à produtividade econômica (KARAK et al., 2012).

As universidades são consideradas “berços de futuros líderes” e por isso têm importância na implementação de ações que incentivem o desenvolvimento sustentável da sociedade. Devido à necessidade de responder às mudanças climáticas e às questões socioambientais, as universidades têm como papel importante disseminar conhecimento e integrar sustentabilidade em programas de pesquisa e educação. (Geng, Y.; Liu, K.; Fujita, T., 2013). Ao mesmo tempo, as universidades podem ser consideradas grandes geradoras de resíduos sólidos pelas atividades desenvolvidas no *campi*, cujo gerenciamento adequado é imprescindível, no sentido de minimizar seus impactos ao meio ambiente.

Segundo Tauchen e Brandli (2006), faculdades e universidades podem ser comparadas com pequenos núcleos urbanos, uma vez que envolvem atividades referentes à sua operação, como restaurantes e locais de convivência, áreas administrativas, laboratórios de ensino e pesquisa e, em alguns *campi*, hospitais para cuidado da saúde humana e animal. Dantas et al. (2018), reforçam que, a problemática da gestão dos RSU abrange todos os segmentos da sociedade. Nas instituições públicas, mais especificamente nas instituições de ensino, observa-se ausência de mecanismos consistentes no enfrentamento dessa questão (Dantas, 2018). Saldaña-Durán et al. (2013) afirmam que uma das melhores opções para otimizar a gestão dos RS é atribuir valor agregado aos resíduos, mediante a recuperação e transformação deles. Nesse sentido, para atribuir valor, é necessário conhecer as características destes resíduos.

A Universidade Federal de Lavras possui um contingente de aproximadamente 15 mil pessoas que circulam diariamente no *campus* universitário entre elas, há 769 professores, 580 técnicos administrativos, 560 funcionários terceirizados e cerca de 13 mil alunos (UFLA, 2019).

Pelo quinto ano consecutivo, a UFLA aparece no UI GreenMetric World University Ranking 2016 como a instituição de ensino superior mais sustentável do Brasil, a primeira da América Latina e a 38ª entre todas as universidades participantes (UFLA, 2016). Anualmente, o ranking internacional sinaliza os esforços em sustentabilidade e gestão ambiental das instituições de ensino superior em todo o mundo (UFLA, 2016).

O primeiro passo para o correto gerenciamento de RS consiste no diagnóstico dos resíduos gerados e, neste sentido, a caracterização dos mesmos em todos os setores da universidade é imprescindível. Dantas et al. (2017) alertam que a problemática dos resíduos sólidos urbanos envolve não somente o volume gerado, como também, sua composição bastante heterogênea.

Duraes et al. (2017) realizaram um estudo semelhante a este, onde tinham, como objetivo principal, diagnosticar os resíduos sólidos gerados no campus da Faculdade UnB de Planaltina (FUP), a partir da sua caracterização quali-quantitativa para gerenciamento dos resíduos no *campus*. O mesmo foi realizado por Gallardo et al. (2016) na Universidade Jaime I (UJI) e Juliatto et al. (2011) na Universidade Federal de Santa Catarina.

Portanto, a partir dos estudos acima citados, conclui-se sobre a importância em caracterizar massa e volume dos RS gerados, o que foi objetivado com esse projeto, ao quantificar aqueles gerados nos pavilhões 4 e 5 da Universidade, com capacidade de 1113 alunos cada (UFLA, 2019) bem como dimensionar os recipientes de acondicionamento dos RS gerados nestes pavilhões.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de estudo

2.1.1 Universidade Federal de Lavras

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), localiza-se no município de Lavras, no sul do estado de Minas Gerais e é uma instituição de ensino superior pública federal brasileira. O *campus* universitário possui cerca de 600 hectares onde a comunidade acadêmica realiza todas suas atividades acadêmicas e científicas.

A UFLA é composta por 21 departamentos didático-científicos, que atuam em diferentes áreas do conhecimento, preparando quase 11.200 mil estudantes de graduação em 35 cursos. Na pós-graduação, são 2.533 estudantes matriculados em 32 cursos de mestrado, 22 de doutorado e também 13 cursos em nível de especialização Lato-Sensu (UFLA, 2019).

Sendo assim, o volume de resíduos sólidos gerados torna-se preocupante para a gestão ambiental do *campus* (UFLA, 2019). Desta forma, no final do mês de abril de 2019, a UFLA iniciou um novo processo do gerenciamento dos RS do *campus* universitário. Foram instalados 80 conjuntos de lixeiras externas objetivam facilitar o gerenciamento dos RS e, nas áreas internas, os recipientes de coleta de recicláveis estão sendo identificados com um saco plástico de acondicionamento na cor azul (UFLA 2019). Desta forma, a coleta realizada pela Associação dos Catadores de Materiais Descartáveis de Lavras (ACAMAR) tende a tornar-se mais fácil e eficiente.

Na UFLA a coleta convencional dos resíduos sólidos ocorre às segundas, quartas e sextas-feiras e é realizada pela prefeitura municipal, que destina todo o resíduo coletado para o aterro sanitário de Alfenas. Já a coleta de recicláveis, realizada pela ACAMAR, é realizada duas vezes por semana, às terças e quintas-feiras.

É importante ressaltar que, para realizar aterramento dos RSU do município de Lavras, gasta aproximadamente R\$ 155,00 reais por tonelada pelo transporte, transbordo e disposição final em aterro sanitário licenciado classe II, totalizando um valor aproximado de R\$ 2.564.478,00 a cada 180 dias. Em contra partida, gasta-se R\$ 192.000,00 anuais para a coleta dos RS recicláveis

(Lavras, 2019), ou seja, se o gerenciamento e a gestão dos RSU fossem realizados corretamente, haveria uma economia de recursos considerável por parte da Prefeitura Municipal de Lavras.

2.1.2 Pavilhões de aula 4 e 5

Com capacidade total de 1113 alunos, os pavilhões 4 e 5 são diariamente utilizadas pelos alunos nos três turnos de aula: manhã, tarde e noite, tendo uma média de 2985 alunos por dia (e-SIC). Assim sendo, o volume de resíduos descartados é significativo, justificando o estudo de sua composição.

Cada pavilhão de aula (Figura 1), é composto por dois banheiros (feminino e masculino) com 7 cabines de uso individual, três salas de aula (nave 1 e 2) e três laboratórios de aula (nave 2).

Figura 1- Pavilhões de aula 4 e 5



Fonte: UFLA (2019)

2.2 Coleta dos resíduos

Durante quatro semanas, entre os dias 13 de abril e 10 de maio de 2019, foram coletados, diariamente, os RS descartados nos pavilhões 4 e 5 da UFLA. Vale ressaltar que no dia 15 foram coletados resíduos do dia 13 (sábado), visto que houve um feriado na mesma semana. Objetivando não prejudicar a representatividade dos dados.

De acordo com a rotina dos funcionários da limpeza dos pavilhões, os resíduos são retirados dos pavilhões uma vez por dia. Aqueles gerados em sala de aula, são recolhidos duas vezes ao dia (manhã e tarde) e colocados nas lixeiras da área comum dos pavilhões. Já os oriundos dos banheiros são recolhidos de acordo com a necessidade de cada cabine individual e, depois, descartados no recipiente localizado na área comum dos banheiros.

Dessa forma, os resíduos gerados nos pavilhões 4 e 5 foram coletados em 18 dias, visto que, os domingos são dias sem expediente e os pavilhões de aula permanecem fechados, conforme as datas apresentadas no Quadro 1. Em seguida à coleta, os RS, incluindo os resíduos dos banheiros tiveram seus volumes e massa definidos sem triagem.

Quadro 1- Dias considerados na amostragem

SEMANA	DIAS
1ª SEMANA	13/04/2019 ATÉ 17/04/2019
2ª SEMANA	22/04, 24/04, 25/04 E 26/04
3ª SEMANA	29/04, 30/04, 02/05, E 03/05
4ª SEMANA	06/05/2019 ATÉ 10/05/2019

Fonte: Do autor (2019)

2.3 Análises da composição gravimétrica e volumétrica dos resíduos coletados

Em um recipiente de diâmetro e altura conhecidas os resíduos tiveram seus volumes aferidos, por meio da Equação 1.

$$V = \pi * h * \frac{D^2}{4} \quad (1)$$

Em que:

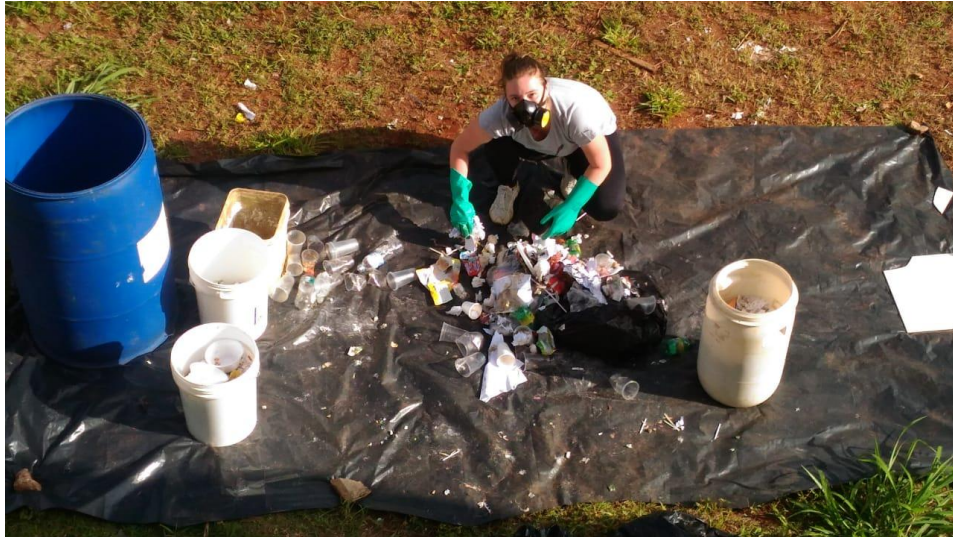
- V: volume (m³)
- h: altura do resíduo no recipiente (m)
- D: diâmetro do recipiente (m)

Após a definição dos volumes, as massas dos resíduos dos banheiros foram pesadas por meio de uma balança digital com precisão de 0,005g. Os RS comuns foram separados para realização da caracterização, e o dos banheiros foram descartados logo em seguida.

Assim, dando continuidade ao trabalho, os RS comuns foram dispostos sobre a lona, a fim de evitar o contato direto com o solo, e posteriormente separados, diariamente, em 5 grandes grupos escolhidos de acordo com os principais grupos de materiais recicláveis (Figura 2):

- Papel (papelão, caixas de papelão, embalagens, entre outros)
- Plástico em geral (todo tipo de plástico: PET, maleável, duro, PEAB, PEBD, etc.)
- Metal (embalagens de alumínio e latas)
- Orgânico (resto de comida, folhas, casca de frutas)
- Outros (pedras, encosto de cadeira, giz, embalagens de isopor, embalagens laminadas, guardanapo, etc.)
- Banheiro

Figura 2- Separação manual dos Resíduos Sólidos



Fonte: Do autor (2019)

Ao final deste processo, cada tipo de resíduo foi pesado separadamente, em balança previamente tarada, determinando-se assim a massa e o volume de cada tipo de resíduo, viabilizando o cálculo da massa específica, porcentagem de massa e porcentagem de volume em relação ao total diário, conforme as equações 2, 3 e 4, respectivamente.

$$\rho = \frac{M}{V}$$

(2)

Em que:

- ρ : massa específica do resíduo (kgm^{-3})
- M : massa de cada tipo de resíduo (kg)
- V : volume de cada tipo de resíduo (m^3)

$$\% \text{ EM MASSA} = \frac{M}{M_T} * 100 \quad (3)$$

Em que:

- M: massa de cada tipo de resíduo (kg)
- M_T: massa total dos resíduos coletados (kg)

$$\% \text{ EM VOLUME} = \frac{V}{V_T} * 100 \quad (4)$$

Em que:

- V: volume de cada tipo de resíduo (m³)
- V_T: volume total dos resíduos coletados (m³)

Vale ressaltar que, para a realização da caracterização dos RS comuns, não foi necessário utilizar a técnica de amostragem por quarteamento, uma vez que os resíduos coletados não alcançaram um volume maior ou igual a 1m³ nos dias de coleta, como evidenciado na Figura 3.

Figura 3- Resíduos sólidos coletados em um dia



Fonte: Do autor (2019)

2.4 Geração *per capita* semanal

Após a solicitação de alguns dados referentes ao número de alunos que circulam diariamente nos pavilhões 4 e 5 e, com os volumes e massas gerados diariamente, a geração *per capita* semanal foi estimada por meio das equações 5 e 6, respectivamente:

$$GPC = \frac{V_{TS}}{P_{TS}} \quad (5)$$

Em que:

- GPC: Geração *per capita* semanal (m^3 /pessoa.semana)
- V_{TS} : Volume total semanal (m^3)
- P_{TS} : População total semanal

$$GPC = \frac{M_{TS}}{P_{TS}} \quad (6)$$

Em que:

- GPC: Geração *per capita* semanal (kg/pessoa.semana)
- M_{TS} : Massa total semanal (kg)
- P_{TS} : População total semanal

2.5 Geração diária média de resíduos

Após os cálculos da geração *per capita*, a geração diária média foi estimada a partir da seguinte equação (Equação 7):

$$GDM = \frac{\sum_1^n GD}{n} \quad (7)$$

Em que:

- GDM: geração diária média (m^3)
- GD: massa de resíduos gerados em um dia de coleta (kg)
- n: número de coletas realizadas

2.6 Dimensionamento dos recipientes de acondicionamento de resíduos sólidos comuns e resíduos sólidos do banheiro

Considerando que a coleta nos pavilhões de aula 4 e 5 ocorre apenas uma vez ao dia, os recipientes foram dimensionados levando-se em conta valores médios da geração diária. O número de recipientes da área comum dos pavilhões foi determinado considerando dois grandes grupos (resíduos recicláveis e resíduos não-recicláveis) e o número de recipientes dos banheiros, bem como o volume de cada um, foi dimensionado a partir do volume médio da geração diária de

resíduos conforme a Equação 8 de forma a considerar os recipientes previamente utilizados nos pavilhões de aula de 60 litros:

$$\text{N}^\circ \text{ de recipientes} = \frac{\text{volume médio gerado diariamente em litros}}{60} \quad (8)$$

Levando-se em consideração que a coleta seletiva na UFLA ocorre duas vezes na semana – terça e quinta-feira – foi dimensionado também um recipiente para armazenar o resíduo reciclável por no máximo 5 dias.

$$\text{Volume Reciclável Semanal (m}^3\text{)} = \text{volume de geração diária médio de reciclável} * 5 \quad (9)$$

Os RS recicláveis foram agrupados em papel, plástico e metal, enquanto os não-recicláveis foram agrupados em outros, banheiro e orgânico. Desta forma, os volumes médios semanais foram estimados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição Volumétrica e Gravimétrica

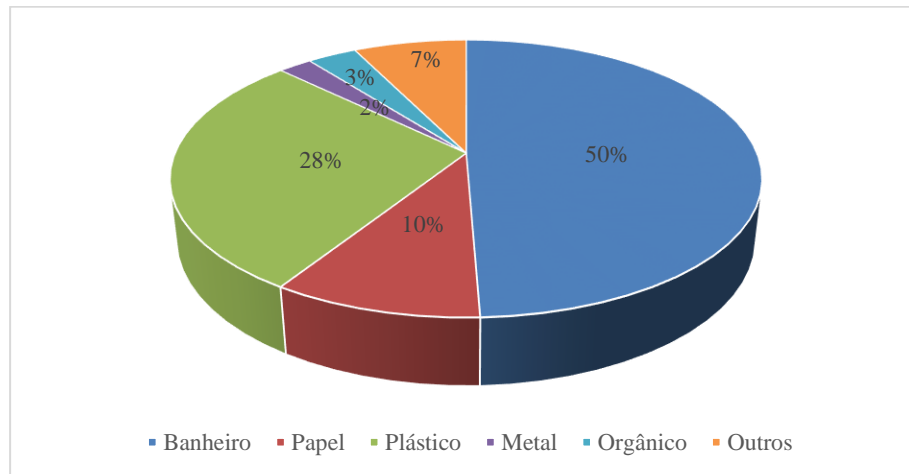
As composições volumétrica e gravimétrica média de RS gerados nos pavilhões 4 e 5 da UFLA estão apresentadas na Tabela 1 e nas Figuras 4 e Figura 6. Observou-se o valor de geração de 290 litros por dia (0,29 m³), ou seja, cerca de 9000 litros (9 m³) por mês, 20 dias úteis, que estão sendo encaminhados para o aterramento.

Tabela 1- Composição volumétrica e gravimétrica média diária

COMPOSIÇÃO MENSAL	MATERIAL	VOLUME RESÍDUO (L)	MASSA (kg)	MASSA ESPECÍFICA (kg/L)	DESVIO PADRÃO
	Banheiro	144	5,410	0,038	±0,062
Papel	28	1,753	0,062	±0,062	
Plástico	82	1,833	0,022	±0,062	
Metal	6	0,697	0,110	±0,062	
Orgânico	9	1,803	0,193	±0,062	
Outros	21	2,337	0,109	±0,062	
Resíduos (total coletado)	290,63	13,833	0,089	±0,062	

Fonte: Do autor (2019)

Figura 4- Composição volumétrica dos resíduos gerados mensais nos Pavilhões 4 e 5



Fonte: Do autor (2019)

Percebeu-se que a geração de recicláveis (papel, plástico e metal), em volume, é considerável (40%), ou seja, a eficiência da coleta seletiva reduzirá significativamente o volume de resíduos encaminhados para o aterramento, como apresentado na Figura 5. Juliatto et al. (2011) mostraram que, para o Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), o volume de resíduos recicláveis era de 50%, ponderando-se que o plástico e o papel eram os resíduos gerados em maior quantidade no campus da UFSC. Assim como ocorre na UFLA, uma grande fração em volume dos RS possui mercado para a reciclagem, destaque para plásticos e papel, que representam quase 30% da composição, em volume. Gallardo et al. (2016) ao avaliarem os resíduos gerados na Universidade Jaime I (UJI), localizada em Castellón de La Plana, Espanha, constataram que papel e plástico também foram os resíduos secos com maior proporção de geração. Assim sendo, observa-se que os dados discutidos neste trabalho estão em conformidade com os resíduos gerados em outras instituições de ensino como apresentado na Tabela 2.

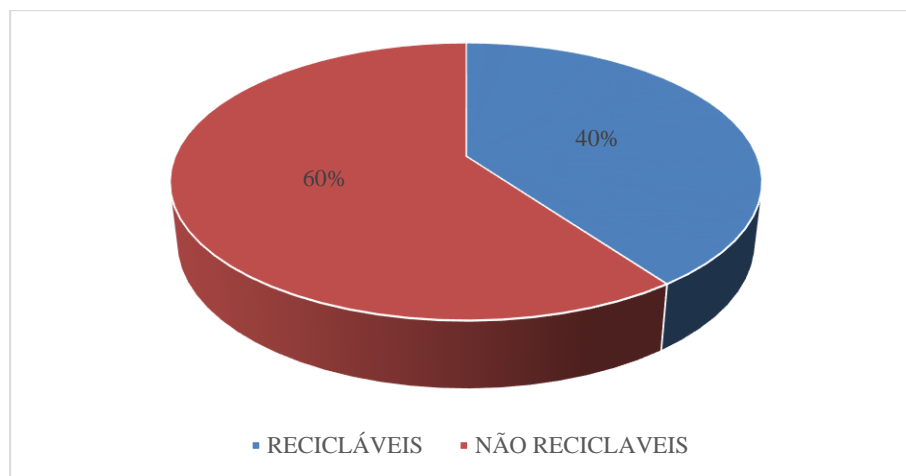
Tabela 2- Comparação das gerações em volume entre os estudos apresentados

UNIVERSIDADES	UFLA (Barreto,2018)	UFSC (Juliatto,2011)	FUP (Duraes, 2017)	UJI (Gallardo ,2016)	Este trabalho
RECICLÁVEL	61%	50%	73%	54%	40%
NÃO RECICLÁVEL	39%	50%	27%	46%	60%

UFLA- Universidade Federal de Lavras
 UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina
 FUP- Faculdade UnB Planaltina
 UJI- Universidade Jaime I

Fonte: Do autor (2019)

Figura 5- Porcentagem em volume dos resíduos recicláveis e não-recicláveis gerados mensalmente nos Pavilhões 4 e 5



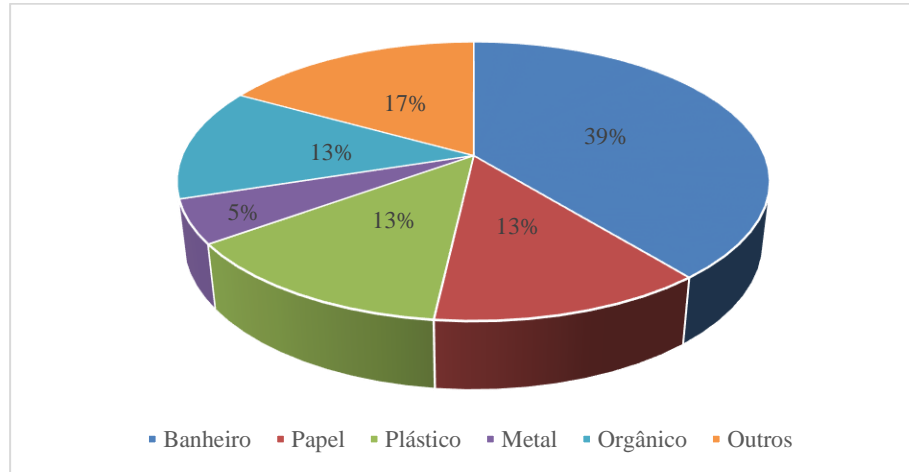
Fonte: Do autor (2019)

A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de RS analisada, apresentada na Tabela 1.

Observou-se que os resíduos de banheiro são os que possuem maior quantidade em massa, conforme apresentados na Figura 6. Isso se justifica pela a grande rotatividade de alunos nos pavilhões de aula. Além disso, a parcela de resíduos *outros* apresentou uma maior massa em relação às outras categorias, já que é composta por diversos materiais como madeira, isopor, giz, embalagens plásticas metalizadas, pedras, entre outros resíduos não-recicláveis, os quais não possuíam uma classe de separação específica.

Segundo Santos et al. (2013), no município de Humaitá - AM, o valor médio de massa específica dos resíduos é de 0,156 kg/L. Este valor foi obtido através do estudo da composição gravimétrica dos RSU da cidade, o autor utilizou recipientes de 200 L e uma balança com capacidade de 200 kg para obter a massa e o volume dos RS. Constatou-se então, que para os RS dos pavilhões 4 e 5 da UFLA o valor é menor 0,089 kg/L (0,104 kg/m³), o que pode ser justificado em função da heterogeneidade dos resíduos, já que o volume de RS plásticos é superior aos demais, apresentando uma baixa contribuição na massa, considerando que sua massa específica é a menor entre os materiais separados. Em projeto desenvolvido nesta mesma Universidade, avaliando a composição dos resíduos de outro local (Centro de Convivência), Barreto (2018) encontrou composição díspar em relação ao presente estudo, igualando-se apenas no valor da massa específica dos RS de 0,104 kg/m³. Isso deve-se, sobretudo, ao aumento de dejetos orgânicos, característicos do ambiente avaliado naquele estudo e à diferença da qualidade dos resíduos avaliados (neste presente estudo foram avaliados os RS de banheiro, desprezados naquele).

Figura 6 – Composição gravimétrica dos resíduos gerados mensais nos Pavilhões 4 e 5



Fonte: Do autor (2019)

Observou-se que a composição gravimétrica em porcentagem dos resíduos recicláveis (papel, plástico e metal) era relevante, 31% de todo o resíduo coletado. Barreto (2018), no estudo realizado na mesma instituição, no Centro de Convivência, apresentou que os RS recicláveis se representavam 13% da massa total coletada. Em contra partida, os resíduos orgânicos, representavam 84%. Finkler et al. (2014), apresentou em um estudo em outra IES, que na Universidade de Caxias do Sul (UCS), os RS recicláveis representavam 19,94%, e os orgânicos 38,54%. Já Gonçalves et al. (2010) apresentaram que os RS recicláveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR) representam aproximadamente 35%. Essas diferenças podem ser justificadas devido os locais das coletas e as características e atividades exercidas em cada local serem diferentes, assim sendo, estes parâmetros interferem diretamente nas características dos RS descartados.

Desta forma, apesar dos trabalhos terem sido realizados em locais diferentes, há uma congruência entre seus resultados, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Comparação das gerações em massa entre os estudos apresentados

UNIVERSIDADES	UFLA (Barreto,2018)	UCS (Finkler, 2014)	UTFPR (Gonçalves, 2010)	Este estudo (2019)
REICLÁVEL	13%	19,94%	34,56%	31%
NÃO REICLÁVEL	87%	80,06%	65,44%	69%

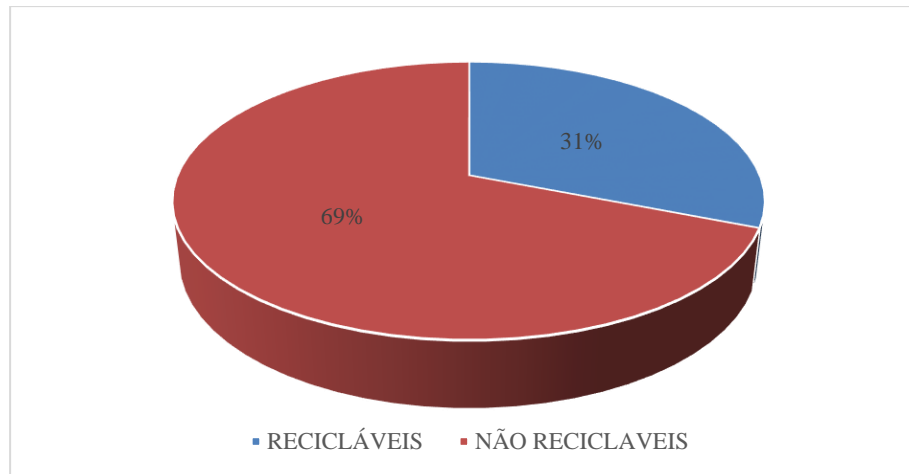
UFLA- Universidade Federal de Lavras

UCS- Universidade de Caxias do Sul

UTFPR- Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fonte: Do autor (2019)

Figura 7 - Porcentagem em massa dos resíduos recicláveis e não-recicláveis gerados mensalmente nos Pavilhões 4 e 5



Fonte: Do autor (2019)

De acordo com a ACAMAR, os valores das toneladas de materiais recicláveis em Lavras são determinados segundo a Tabela 4.

Tabela 4- Preço dos materiais recicláveis em Lavras

MATERIAIS	PAPEL	PLÁSTICO	METAL
PREÇO (R\$/ton)	650,00	1665,00	4100,00

Fonte: ACAMAR (2019)

Desta forma, considerando os valores da Tabela 4, a ACAMAR conseguiria, em média, por mês, recolhendo os resíduos recicláveis dos Pavilhões 4 e 5, uma renda de R\$ 140,00 aproximadamente (R\$ 22,80 em papel, R\$ 61,00 em plástico e R\$ 57,15 em metal), considerando a geração em 20 dias úteis.

Com o conhecimento do panorama dos RS nos pavilhões de aula 4 e 5 da UFLA, medidas mitigadoras poderão ser tomadas a partir de campanhas e ações dentro da universidade. A atuação direta dos alunos e também dos proprietários dos estabelecimentos do Centro de Convivência, reduziriam drasticamente o volume de plástico, papel e metal descartados para o aterro. Estes resíduos, em sua grande maioria, são copos descartáveis e garrafas pet oferecidos nesses estabelecimentos e descartados pelos alunos nos pavilhões de aula, visto que, muitos consomem alimentos nos horários de aula ou em seus intervalos e estes estabelecimentos estão próximos aos pavilhões de aulas estudados. O desenvolvimento de campanhas como uso de copos pessoais reutilizáveis seria uma possibilidade. Para isso, há a necessidade da realização de intervenções na UFLA, em parceria com a Diretoria de Meio Ambiente (DMA), ADCON - Administração e Conservação (empresa terceirizada, responsável pela limpeza da universidade) e também com a ACAMAR, com materiais explicativos e ações integrativas, objetivando o desenvolvimento de maior conscientização e criação de responsabilidade coletiva com a comunidade acadêmica.

Segundo Barreto (2018) algumas Instituições de Ensino Superior (IES) pelo mundo, já propuseram ações semelhantes a essa, como pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2- Exemplos de IES com iniciativas de melhoria na gestão dos seus RS.

IES	País	Iniciativa	Fonte
Rutgers University (UR)	EUA	Alcançou uma taxa de reciclagem de 67%, como parte do seu projeto de gestão dos resíduos sólidos.	(De Vega et al., 2008)
Western Kentucky University (WKU)	EUA	Há coleta de resíduos (papel, papelão, metal e resíduos perigosos) para reciclagem.	Western Kentucky University Recycling and Surplus Department (2015a)
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP	Brasil	Implementação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos.	(Fagnani; Guimarães, 2017)
Universidade de São Paulo (USP)	Brasil	USP Recicla.	(USP, 2017)

Fonte: Barreto (2018)

3.2 Geração per capita semanal e geração diária média

A geração per capita semanal e a geração diária média estão apresentadas na Tabela 5, obtendo-se um valor médio de 4,75 g/aluno.dia e 14.086 g/dia respectivamente.

Tabela 5- Geração per capita média para cada dia da semana

DIA DA SEMANA	GERAÇÃO (g/dia)	GERAÇÃO (L/dia)	ALUNOS (pop/alu.dia)	GPC (g/alu.dia)	GPC (L/alu.dia)
SEGUNDA	14.014	324,02	3010	4,66	0,10765
TERÇA	12.591	244,92	3287	3,83	0,07451
QUARTA	12.723	286,79	3003	4,24	0,09550
QUINTA	14.683	288,46	2805	5,23	0,10284
SEXTA	16.418	302,25	2823	5,82	0,10707
MÉDIA	14.086	289,287	2985,6	4,75	0,09689

GPC- Geração per capita

Fonte: Do autor (2019)

Um estudo realizado por Gomes (2009) na PUC-Rio encontrou um valor de 0,297 kg/aluno.dia, significando uma taxa de geração per capita bem superior à da UFLA. Gallardo et al. (2016) ao avaliar a produção de resíduos no *campus* da Universidade Jaime I (UJI), localizada em Castellón de La Plana, Espanha, encontrou uma taxa de geração per capita de 0,089 Kg/aluno.dia, aproximando-se mais do resultado encontrado no presente estudo. Duraes et al. (2017) avaliaram que a geração per capita no *campus* universitário da UnB de Planaltina e encontraram 0,09 kg/pessoa.dia, ou seja, 90 g/pessoa.dia. Estes estudos consideraram todos as diversas atividades das universidades, incluindo o restaurante universitário, justificando as diferenças nas gerações *per capita*, já que os portes das universidades em questão são diferentes e as atividades consideradas nas caracterizações também se diferem.

3.3 Dimensionamento dos recipientes de acondicionamento dos RS recicláveis e não-recicláveis

De acordo com o que foi previamente descrito no item 2.6, o número de recipientes que deverão ser utilizados nos pavilhões foi determinado considerando a utilização dos recipientes já previamente utilizados, visto que já atendem à demanda diária dos pavilhões.

Os valores, em volumes, apresentados na Tabela 6, apontam que a quantidade de recipientes para o acondicionamento dos resíduos sólidos recicláveis, e para resíduos sólidos não-recicláveis, será de no mínimo 3 para cada tipo descrito anteriormente. Desta forma, considerando também os RS dos banheiros, serão necessários 3 recipientes de acondicionamento para todo resíduo gerado.

Tabela 6- Volume em litros dos resíduos sólidos recicláveis e não-recicláveis

MATERIAL	MASSA (kg)	VOLUME RESÍDUO (m ³)	VOLUME RESÍDUO (L)	% em massa	% em volume
RECICLÁVEIS	6,620	0,138	138	47,858	47,410
NÃO RECICLÁVEIS	7,213	0,153	153	52,142	52,590
Resíduos (total coletado)	13,833	0,291	291	100	100

Fonte: Do autor (2019)

Assim sendo, nenhuma mudança quanto à disposição dos recipientes de acondicionamento nos pavilhões será necessária, visto que há em cada uma 4 recipientes de 60 L nas áreas comuns e 2 recipientes de 60 L em cada banheiro, satisfazendo-se assim, o atual estudo. Também não foi identificado incongruência entre o volume de RS gerado durante a semana e a frequência de coleta interna dos RS. Este estudo mostrou que tal frequência é suficiente, já que o volume gerado diariamente não atinge a capacidade máxima disponível de armazenamento.

4 CONCLUSÃO

- Levando-se em consideração este estudo e a pesquisa bibliográfica realizada em bancos de dados, é senso comum que a caracterização gravimétrica e volumétrica são imperativas para tomada de decisões que objetivam a redução na geração de resíduos na fonte e a potencialização de programas de reciclagem, além da seleção de tratamento e disposição final adequado dos RS gerados nos diversos departamentos da Universidade.
- A geração de resíduos sólidos nos pavilhões 4 e 5 da UFLA, em volume, corresponde a aproximadamente 40% de RS recicláveis e 60% de não-recicláveis. Em relação à massa, a fração de recicláveis é de 31% e de não-recicláveis é de 69%. A determinação destas frações é importante pois, a quantificação dos RS recicláveis e não recicláveis, possibilita uma economia, por parte da Prefeitura Municipal de Lavras, que não precisará encaminhar para o aterro todo o lixo produzido. Além disso proporcionará a ACAMAR um incremento na receita, com a venda destes materiais para empresas de reciclagem.
- Este presente estudo demonstrou, também, a relevância e a importância dos cuidados com os resíduos sólidos produzidos em dois pavilhões de aulas. Os resultados obtidos neste projeto podem embasar novos trabalhos, e viabilizar a implementação de um sistema de gerenciamento de RS na Universidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004: Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

BARRETO, M.F. **Segregação e acondicionamento dos resíduos sólidos gerados no centro de convivência da Universidade Federal de Lavras**. 2018. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 14 mar. 2019.

CARVALHO, F. C. de. **Análise Da Coleta Seletiva Em Um Campus Universitário: A Percepção Ambiental Dos Discentes Na Universidade Federal De Lavras**. 2015. 160p. Dissertação (Pós-Graduação em Tecnologias e Inovações Ambientais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

DANTAS, G.C.B.; Forbeloni, J.V.; Pacheco, A.S.V.; Campelo, I.C.; Farias, H.M. **Perceptions of waste pickers in an association located in Seridó/RN about the adverse working conditions: an analysis of the collective subject**, Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v.21, n.3, p.210-221, 2017.

DE VEGA, C. A.; BENÍTEZ, S. O.; BARRETO, M. E. R.; Solid waste characterization and e-SIC. **Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão**. Disponível em: <<https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>>. Acesso em: 7 mai. 2019.

DURAES, P.H.; Oliveira, M.C.; Ribeiro, E. **Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no campus da faculdade UnB de Planaltina (FUP)/DF**. 8º Fórum internacional de Resíduos Sólidos, Curitiba, 2017.

EBRAHIMI, K.; North, L. A. **Effective strategies for enhancing waste management at university campuses**. International Journal of Sustainability in Higher Education, Adelaide, 2016.

e-SIC. **Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão**. Disponível em: <<https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>>. Acesso em: 6 mai. 2019.

FEITOSA, A. K.; Barden, J. E.; Konrad, O. **Análise Gravimétrica na Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão Sistemática**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, Rio de Janeiro, volume 12, 2018.

FINKLER, L. R.; PANNIZON, T.; SCHNEIDER, V. E. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos comuns gerados na Universidade de Caxias do Sul – RS e comparação com outras instituições de ensino superior.** Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, abr. 2014

GALLARDO, A.; EDO-ALCON, N.; Carlos, M.; RENAU, M. **The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university.** Waste Management, v.5, p.3-11, 2016.

GENG, Y.; LIU, K.; XUE, B.; FUJITA, T. **Creating a “green university” in China: a case of Shenyang University.** Journal of Cleaner Production, China, 2013.

GOMES, P. C. G. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Puc- Rio.** V. 1. Monografia. Curso de Especialização em Engenharia Urbana e Ambiental. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

HENRY, R. K.; YONGSHENG, Z.; JUN, D. Municipal solid waste management challenges in developing countries-Kenyan case study. **Waste management**, Oxford, v. 26, n. 1, p. 92-100, jan. 2006.

IBGE. **Crescimento populacional brasileiro** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html> >. Acesso em: 13 jun. 2019.

JULIATTO, D. L.; CALVO, M. J.; CARDOSO, T. E. Gestão integrada de resíduos sólidos para instituições públicas de ensino superior. **Gestão Universitária na América Latina**, Florianópolis, v. 4, n. 3, p. 170-193, 2011.

NEVES & CASTRO. **Separação de materiais recicláveis: panorama no Brasil e incentivos à prática.** 2012. 1740p. Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (e-ISSN: 2236-1170). Acesso em 29 mai. 2019.

Portal UFLA. **Novas lixeiras no campus facilitam processo de reciclagem.** Disponível em: < <https://ufla.br/noticias/institucional/12889-novas-lixeiros-no-campus-facilitam-processo-de-reciclagem> >. Acesso em: 13 jun. 2019.

Prefeitura Municipal de Lavras – **Informações sobre saneamento.** Disponível em: < <http://pml.lavras.mg.gov.br/> >. Acesso em: 13 jun. 2019.

SANTIBAÑEZ-AGUILAR, J. E. et al. Optimal planning for the sustainable utilization of municipal solid waste. **Waste management**, Oxford, v. 33, n. 12, p. 2607–22, dez. 2013.

SANTOS, A. A; PEIXOTO, K. L. G; TARTARI, R.; OLIVEIRA, B. O. S; SOBRINHO, M. A. M. **Caracterização dos resíduos sólidos gerados na cidade de Humaitá – AM.** Revista

EDUCAzônia – Educaç3o Sociedade e Meio Ambiente, ano 6, vol X, n3mero 1, 2013, p3g 38-48.

UFLA. Ranking Greenmetric: **UFLA 3 a universidade mais sustent3vel da Am3rica Latina.** Dispon3vel em: < <https://ufla.br/arquivo-de-noticias/10272-ranking-greenmetric-ufla-e-a-universidade-mais-sustentavel-da-america-latina>>. Acesso em: 02 jun. 2019.