

Indicadores de sustentabilidade para avaliação e monitoramento da gestão de resíduos sólidos em Instituição de Ensino Superior de Pernambuco

Sustainability indicators for evaluation and monitoring of solid waste management in a Higher Education Institution in Pernambuco

DOI:10.34117/bjdv7n1-481

Recebimento dos originais: 01/01/2021

Aceitação para publicação: 18/01/2021

Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani

Formação acadêmica mais alta: Doutorado - PhD (University of Pittsburgh)

Instituição de atuação atual: Professora associada e livre docente Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco (UPE)

Endereço completo: Avenida Governador Agamenon Magalhães, 4261, Apto. 601, Boa Vista, Recife, PE CEP 50070160

E-mail: emilia.rabbani@upe.br

Débora Ribeiro Lira Lima

Formação acadêmica mais alta: Discente (em graduação em Engenharia Elétrica-Eletrônica)

Instituição de atuação atual: Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco

Endereço completo: R. Benfica, 455 - Madalena, Recife – PE – CEP: 50720-001

E-mail: deborar.l.lima@hotmail.com

Bárbara Virgínia Pereira Cavalcanti

Formação acadêmica mais alta: Mestre

Instituição de atuação atual: Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco

Endereço completo: R. Benfica, 455 - Madalena, Recife – PE – CEP: 50720-001

E-mail: bv_15@hotmail.com

Sérgio Peres Ramos da Silva

Formação acadêmica mais alta: Doutorado - PhD

Instituição de atuação atual: Professor associado e livre docente Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco

Endereço completo: R. Benfica, 455 - Madalena, Recife – PE – CEP: 50720-001

E-mail: sergperes@gmail.com

Emilayne Victória Oliveira Rocha

Formação acadêmica mais alta: Discente (em graduação em Engenharia Civil)

Instituição de atuação atual: Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco

Endereço completo: R. Benfica, 455 - Madalena, Recife – PE – CEP: 50720-001

E-mail: evor@poli.br

Maria Conceição da Costa Silva

Formação acadêmica mais alta: Graduada (mestranda em Engenharia Civil)
Instituição de atuação atual: Professor associado e livre docente Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco
Endereço completo: R. Benfica, 455 - Madalena, Recife – PE – CEP: 50720-001
E-mail: mccs@poli.br

RESUMO

A partir das diretrizes do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, instituído pela Lei nº 12.305/2010, vislumbrou-se a necessidade de implantação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Escola Politécnica de Pernambuco (POLI), da Universidade de Pernambuco (UPE). Com o objetivo de sistematizar o monitoramento do plano adotou-se o uso de indicadores de sustentabilidade. Metodologicamente a pesquisa se concentrou na identificação de indicadores aplicáveis a realidade local por meio da revisão de literatura, entrevistas com funcionários, realização de ensaios de composição gravimétrica e análise de campo, à medida que o plano de gerenciamento de resíduos sólidos era implantado na POLI. Treze indicadores qualitativos e quantitativos foram escolhidos para acompanhamento do plano desenvolvido POLI no ano de 2019. No que concerne a análise gravimétrica realizada na instituição de ensino durante o período não letivo, observou-se que 59,3% dos resíduos gerados possuem potencial para serem reaproveitados, mas, na ocasião, apenas 46,3% foram de fato encaminhados às cooperativas. A mesma análise foi realizada, pontualmente, para o período letivo, constatou-se que, em média, 56,9% dos resíduos produzidos possuem potencial para reciclagem, mas apenas 30% tiveram sua segregação correta. Com o uso dos indicadores, observou-se que o plano tem potencial de desenvolvimento, podendo tornar a coleta seletiva e análise periódica dos indicadores, pelos gestores e setor administrativo, um instrumento de conscientização, adesão e aprimoramento contínuo do plano.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, Educação, Ensino Superior, Gerenciamento, Coleta Seletiva.

ABSTRACT

Based on the guidelines of the National Solid Waste Plan, instituted by Law No. 12.305/2010, the need to implement a Solid Waste Management Plan at the Polytechnic School of Pernambuco (POLI), of the University of Pernambuco (UPE) was seen. In order to systematize the monitoring of the plan, the use of sustainability indicators was adopted. Methodologically, the research focused on identifying indicators applicable to the local reality through literature review, interviews with employees, carrying out gravimetric composition tests and field analysis, as the solid waste management plan was implemented at POLI. Thirteen qualitative and quantitative indicators were chosen to monitor the POLI plan developed in 2019. Regarding the gravimetric analysis performed at the educational institution during the non-academic period, it was observed that 59.3% of the waste generated has the potential to be reused, but at the time, only 46.3% were actually sent to cooperatives. The same analysis was carried out, occasionally, for the academic period, it was found that, on average, 56.9% of the waste produced has potential for recycling, but only 30% had its segregation correct. With the use of the indicators, it was observed that the plan has potential for development, being able to make the selective collection and periodic analysis of the indicators, by the managers and the administrative sector, an instrument of awareness, adhesion and continuous improvement of the plan.

Keywords: Sustainability, Education, Higher Education, Management, Recycling.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e a revolução tecnológica refletem em alterações no estilo de vida e nos modos de produção e consumo da população. Como decorrência direta desses processos, vem ocorrendo um aumento na produção de resíduos sólidos, principalmente nos grandes centros urbanos (GOUVEIA, 2012). De acordo com o estudo global realizado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) foi calculado que em todo o mundo 2 bilhões de toneladas de resíduos sólidos são produzidas anualmente, tendendo a aumentar 70% até 2030 e que 3 bilhões de pessoas não contam com a destinação final adequada dos resíduos (PNUMA, 2015).

Desse modo, seguindo as diretrizes do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituído pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), que exige que as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis pela geração de resíduos sólidos (RS) devem desenvolver ações relacionadas ao gerenciamento dos mesmos, fica clara a necessidade de políticas que visem justamente reduzir a produção de resíduos sólidos, bem como promover o correto tratamento, reaproveitamento em outros processos produtivos e disposição final adequada dos rejeitos, buscando um equilíbrio entre os recursos que são consumidos e os que são gerados, tal como são descartados.

Pernambuco se destaca pelas potencialidades em vários setores produtivos e tecnológicos, além dos seus grandes centros de pesquisa e ensino, dentre elas a Universidade de Pernambuco – UPE que é uma das principais instituições de ensino superior do estado (FIGUEIRÔA, 2017). Além do mais, de acordo com Malheiros et al. (2008), levando em conta o âmbito estadual, Pernambuco foi um dos primeiros estados que elaborou uma Agenda 21 local, com o Plano Estadual de Desenvolvimento Sustentável em 2002, que se trata de um documento resultante de um processo de planejamento participativo e com status de plano de desenvolvimento sustentável, significando um importante documento de subsidio potencial a formulação de políticas focadas no desenvolvimento duradouro, pois incorpora princípios, compromissos e objetivos estabelecidos na Agenda 21 Global, traduzindo-os para o contexto regional. Vale destacar que nesta tem um capítulo sobre resíduos sólidos.

Como instituição de ensino superior (IES) e integrante da UPE, a Escola Politécnica de Pernambuco – POLI/UPE tem o papel de formar profissionais que

influenciam diretamente a sociedade nas diversas áreas do conhecimento da engenharia e responsáveis por entregar bons resultados à sociedade. Portanto, compete à universidade o dever de garantir uma educação socioambiental para os seus membros considerando os aspectos sustentáveis e a forma como atua deve estar de acordo com o que ensina para poder servir de modelo para os novos engenheiros que está formando. Procurando estabelecer um vínculo social de troca de saberes e experiências, a universidade pode potencializar a formação acadêmica e profissional, tornando-se um espaço em onde o conhecimento que é produzido, considerando as questões socioambientais, seja estendido à sociedade (KOLMAN RABBANI *et al.*, 2020).

A Escola Politécnica de Pernambuco, foco do estudo, é constituída por 10 blocos nos quais se distribuem setores administrativos; departamentos de atividades de extensão; iniciação científica; programas de pós-graduação; salas de reuniões, de aula e de estudos; laboratórios; auditório; biblioteca; diretório acadêmico; locais para estacionamento; e uma pequena área de convívio social. Atualmente, a POLI possui 3.438 alunos dos cursos de Engenharia Civil, Eletrônica, Eletrotécnica, Mecânica Industrial, Mecânica Mecatrônica, Telecomunicações, computação e Pós-Graduação além de 146 professores e 43 funcionários (KOHLMAN RABBANI *et al.*, 2016).

Levando em consideração uma análise exploratória e descritiva resultante de três projetos de iniciação científica realizados em 2016, 2017 e 2018, conduzidos pelo grupo de Ensino, Extensão e Pesquisa da UPE - Desenvolvimento Seguro e Sustentável (DESS), verificou-se, mediante análise gravimétrica, visitas in loco, e questionário aplicado a funcionários e alunos, a destinação incorreta dos resíduos sólidos secos e úmidos recicláveis gerados, principalmente para os coletores referenciadas como reciclável, além da presença de potenciais traços de consciência socioambiental tanto em funcionários quanto nos alunos, que consiste na compreensão da necessidade de preservar o ambiente que o cerca, mas apresenta dificuldades de pôr em prática ações que visem um ambiente mais sustentável.

Com a avaliação dos resultados obtidos no ensaio de composição gravimétrica foi constatado que há uma geração média de 54,64 kg de resíduos por dia, dos quais cerca de 30% tem um potencial reciclável. Porém, tal potencial não é devidamente aproveitado, pois não há segregação do material, devido o descarte de forma incorreta, acarretando na destinação de todos os resíduos para a coleta comum (destinada ao aterro). Prova disso foi a constatação de que nos coletores identificados com “Recicláveis” existia cerca de 50% de rejeitos - resíduos sem capacidade de ser reciclado. Observando-se a problemática, este

projeto dá continuidade aos projetos de pesquisa e extensão desenvolvidos desde 2014 pelo grupo de ensino, extensão e pesquisa DESS da UPE, cadastrado no CNPq e que dá suporte ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC/POLI/UPE). Nesta nova etapa, a partir da leitura da realidade, surgiu a necessidade da determinação de indicadores ambientais com a finalidade de avaliar periodicamente o estágio de gerenciamento de resíduos na instituição de ensino superior (IES), possibilitar à administração e o acompanhamento das ações realizadas, além de comunicar a comunidade acadêmica informações que permitam o gerenciamento eficaz dos RS, para que assim as metas do plano sejam atendidas.

De acordo com Dizdaroglu (2015), os indicadores baseados na avaliação da sustentabilidade contribuem de quatro maneiras: primeiro indicando o estado da sustentabilidade local, segundo, quantificando o nível de sustentabilidade, em terceiro, fornecendo feedback das políticas durante implementação, e quarto, encontrando as melhores medidas políticas para sustentabilidade.

Uma das grandes aplicações dos indicadores encontra-se na necessidade de monitoramento do progresso nas distintas dimensões, pois eles funcionam como ferramentas de apoio aos tomadores de decisões e àqueles responsáveis pela elaboração de políticas em todos os níveis, além de serem norteadores para que se mantenha o foco em direção ao desenvolvimento sustentável (GARCIA; GUERRERO, 2006). Ou seja, os indicadores permitem que se façam diagnósticos de temas de interesse, o que subsidia o processo de tomada de decisão visando a gestão sustentável (MALHEIROS et al., 2008).

O objetivo do trabalho consistiu em selecionar indicadores ambientais que tenham como função possibilitar a implantação e monitoramento do plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE).

2 METODOLOGIA

A metodologia da pesquisa foi de natureza exploratória e descritiva, utilizando uma abordagem quanti-qualitativa para propor os indicadores que foram aplicados na instituição. A investigação teve ainda características de uma pesquisa-ação uma vez que foi desenvolvida concomitantemente com outros dois projetos de extensão responsáveis pela implantação do PGRS na POLI e um biodigestor para a cantina, tais projetos precisaram utilizar os indicadores propostos nesta pesquisa para avaliar e acompanhar a eficácia de suas ações. Estes projetos de extensão foram desenvolvidos pelo Grupo de

Pesquisa da UPE: Desenvolvimento Seguro e Sustentável (DESS) com a colaboração do Laboratório de Combustíveis da POLI (POLICOM) e da Câmara Temática de Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental Seção Pernambuco (ABES-DN). Segue o detalhamento metodológico das etapas de execução do plano de trabalho que foi desenvolvido.

Levantamento da base conceitual mediante uma revisão bibliográfica que relaciona três temas amplos, “Sustentabilidade”, “Indicadores ambientais” e “Gestão de resíduos sólidos”. Este levantamento serviu como base às discussões realizadas na forma de consultas a especialistas referentes aos temas citados, a fim de fortalecer a análise e proposição dos indicadores aplicados na POLI.

Pesquisa de campo para determinar a consciência ambiental dos alunos, dirigentes, professores e funcionários da POLI e sua percepção sobre as ações prioritárias para mudança de cultura relacionada ao gerenciamento dos resíduos na Escola. Além das entrevistas e aplicação de questionários foi realizada uma análise gravimétrica para mensurar e qualificar os resíduos sólidos gerados na POLI a fim de embasar ações que possam garantir o descarte correto e destinação final adequada dos resíduos produzidos. Foram realizadas reuniões semanais com os membros dos projetos de extensão responsáveis pela implantação do PGRS na POLI para entender os desafios práticos do processo e da aplicação dos indicadores propostos. Os indicadores foram adaptados de acordo com as necessidades identificadas durante a coleta, análise e comunicação dos dados coletados para alimentação dos indicadores propostos.

A escolha e a validação dos indicadores contribuiu com a consolidação, avaliação e acompanhamento da eficácia do PGRS e baseando-se nas diretrizes da Lei Federal nº 12.305 de 2010 contemplou entre outros: metas de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de acordo com o disposto no Art. 9º, visando reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para a disposição final ambientalmente adequada; Execução de ações, projetos e programas para o atendimento das metas previstas; Determinação da periodicidade e responsabilidade de coleta e divulgação dos indicadores pertinentes; e criação de medidas para incentivar e viabilizar a gestão dos resíduos sólidos.

3 RESULTADOS

Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido em conjunto com dois projetos de extensão, intitulados “Implantação de biodigestor para tratamento de resíduos sólidos

orgânicos na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE)” e “Implantação do Plano de Gerenciamento de resíduos sólidos na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco”, ambos patrocinados pelo PDTE/POLI 2019. Após revisão bibliográfica, conversa com alunos e funcionários da POLI, além da análise das etapas do PGRS da POLI foram selecionados 13 (treze) indicadores condizentes com a realidade local, visando garantir a continuidade correta do gerenciamento de resíduos sólidos na IES. A seguir os quadros 1, 2, 3 e 4 referentes aos citados indicadores.

Quadro 1: Indicadores selecionados segundo cada diretriz do PGRS POLI.

Diretrizes	Indicadores
Segregação na origem	Análise gravimétrica, índice de recuperação de recicláveis, pesagem dos não recicláveis, pesagem dos resíduos sólidos úmidos e pesagem dos recicláveis
Acondicionamento interno	Razão entre a quantidade de coletores recicláveis e não recicláveis por área de cobertura e capacidade volumétrica total de ambos os tipos de coletores
Fomento a participação de alunos, professores e administrativo na coleta seletiva	Inclusão de ações de Educação Ambiental e realização de eventos universitários com a temática ambiental
Realização de treinamentos com os funcionários dos serviços gerais	Capacitação contínua dos agentes que atuam na área de limpeza da faculdade
Realização de parcerias	Parcerias estabelecidas pelo polo universitário em prol da implantação do PGRS na POLI

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 2: Indicadores relativos a logística da coleta seletiva dos resíduos recicláveis e úmidos.

Diretrizes	Indicadores	Unidade	Periodicidade apuração e método do cálculo
Segregação na origem	$AG1 = \frac{\text{Análise gravimétrica}}{\text{Quantidade de papel/papelão}} \times 100$	kg/semana	Semestralmente Calculado por quarteamento, tomando como base a média de 3 (três) semanas no período letivo e não letivo. Para os eletrônicos
	$AG2 = \frac{\text{Quantidade de plástico}}{\text{Total de resíduo produzido}} \times 100$		
	$AG3 = \frac{\text{Quantidade de vidro}}{\text{Total de resíduo produzido}} \times 100$		
	$AG4 = \frac{\text{Quantidade de metal}}{\text{Total de resíduo produzido}} \times 100$		
	$AG5 = \frac{\text{Quantidade de não recicláveis}}{\text{Total de resíduo produzido}} \times 100$		
	$AG6 = \frac{\text{Quantidade de material orgânico}}{\text{Total de resíduo produzido}} \times 100$		
	$AG7 = \frac{\text{Quantidade de material eletrônico}}{\text{Total de resíduo produzido}} \times 100$		

	Peso médio do total de resíduos não recicláveis gerados $P1 = \text{Total da terça} + \text{Total da quinta} + \text{Total da sexta}$	kg/semana	Trimestralmente
	Pesagem dos recicláveis $P2 = \text{Total da segunda}$		
	Índice de recuperação de materiais recicláveis $\text{Rec.} = \frac{\text{Quantidade de reciclável por semana}}{\text{Total de resíduo produzido semanalmente} \times 100}$		
	Pesagem do material orgânico gerado $P3 = \sum_{k=1}^5 \text{Total de orgânico gerado no dia } i$		Diariamente
Acondicionamento Interno	$\text{QCR} = \frac{\text{Quantidade de coletores recicláveis}}{\text{Área de cobertura}}$	Unidade/m ²	No início da implantação, após esse período, calcular apenas se houver qualquer mudança na configuração
	$\text{QCNR} = \frac{\text{Quantidade de coletores não recicláveis}}{\text{Área de cobertura}}$		
	$\text{Vol1} = \text{Quantidade de coletores recicláveis} \times \text{volume de cada coletor}$	L	
	$\text{Vol2} = \text{Quantidade de coletores não recicláveis} \times \text{volume de cada coletor}$		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 3: Indicadores relativos à Programa de Educação Ambiental.

Diretrizes	Indicadores	Periodicidade do cálculo
Fomento a participação de alunos, professores e administrativo na coleta seletiva	Realização de ações de Educação Ambiental: acolhida dos alunos ingressantes, ExpoPoli, introdução a engenharia, dentre outros.	Semestralmente
	Realização de eventos universitários com a temática ambiental: Fórum do DESS Segunda da Sustentabilidade, dentre outros.	Semestralmente
Realização de treinamentos com o pessoal de serviços gerais	Realização de capacitação/treinamento contínua de agentes que atuam na área da limpeza da universidade	Semestralmente

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4: Indicadores relativos à Fortalecimento de Políticas Administrativas.

Diretrizes	Indicadores	Periodicidade do cálculo
Realização de parcerias	Firmar parcerias estabelecidas pela Universidade com demais órgãos (Associações, universidades, setor privados, movimentos sociais, comércio informal próximo ao polo universitário) em prol do projeto	Semestralmente

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os primeiros indicadores calculados foram o peso total dos resíduos separados como não recicláveis (P1) e recicláveis (P2) na POLI e a análise gravimétrica dos mesmos, calculada em duas épocas, de modo abranger as características dos resíduos produzidos em época letiva e de férias. Além disso, para fins de valoração do material reciclado, foi estabelecido o contato com a Cooperativa dos Catadores e Recicladores de Materiais Recicláveis (COOCARES), que forneceu os valores apresentados na Tabela 1 para comercialização dos materiais recicláveis:

Tabela 1: Valores médios de comercialização dos materiais recicláveis.

Preço dos materiais com potencial reciclável	
Tipologia	Preço (kg)
Papel	R\$ 0,35
Papelão	R\$ 0,45
Metal (alumínio)	R\$ 3,50
Metal (ferroso)	R\$ 0,15
Vidro	R\$ 0,15
Plástico (folha)	R\$ 1,00
Plástico (PVC)	R\$ 0,80
Plástico (colorido)	R\$ 0,60 a R\$ 1,80
Plástico (PET)	R\$ 1,80
Plástico (Tetra Pak)	R\$ 0,40
Eletroeletrônico	R\$ 0,60

Fonte: Consulta telefônica a presidente da Cooperativa de Catadores COOCARES de Abreu e Lima, Pernambuco

A segregação e classificação utilizada na POLI segue o seguinte critério: Papel/Papelão, Plástico, Metal e Vidro. Desse modo, para fins desse estudo, os materiais constantes da Tabela 1 foram agrupados, tendo sido calculado o valor médio por kg, resultando em: Papel/Papelão, R\$0,40; Plástico, R\$1,05; Metal, R\$1,80; Vidro, R\$0,15 e Eletroeletrônicos, R\$ 0,60. Vale destacar que os materiais eletroeletrônicos são bastante

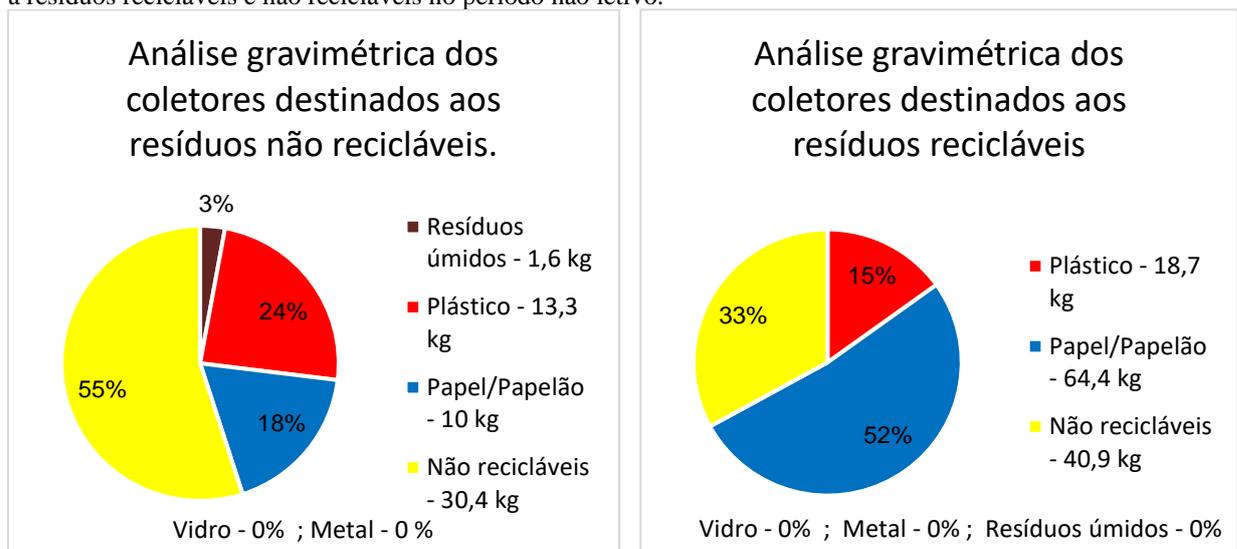
variados, apresentando uma significativa constituição de plástico, fato que justifica o valor citado de comercialização.

3.1 PERÍODO NÃO LETIVO

No período em que não há aulas na IES são dispostos, semanalmente, 55,3 kg de resíduos nos coletores destinados a material não reciclável e a tipologia dos mesmos é apresentada na Figura 1. Ressalte-se que, nessa categoria ainda existem materiais potencialmente recicláveis, a exemplo do papel higiênico coletado nos banheiros.

Os resíduos dispostos nos cestos de material reciclável na faculdade, no mesmo período, corresponderam a cerca de 124 kg, esse montante é mais elevado do que o produzido no período letivo, pois, há descarte de provas antigas e vários documentos que perderam sua validade no final do semestre. A segregação desses resíduos é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Gráficos dos resultados das análises gravimétricas dos resíduos dispostos nos coletores destinados a resíduos recicláveis e não recicláveis no período não letivo.

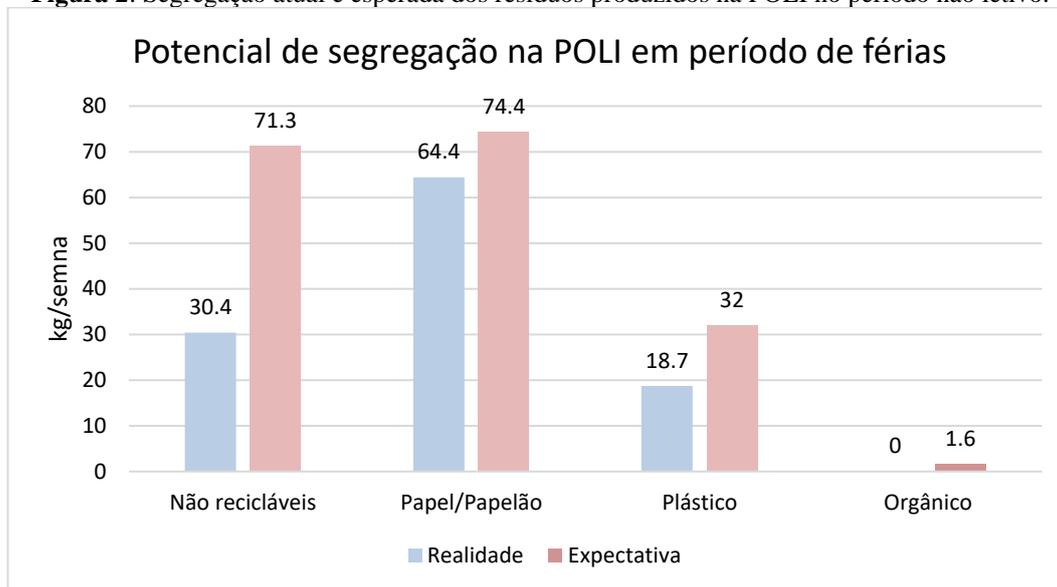


Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante o período não letivo, semanalmente, são gerados aproximadamente 180 kg de resíduos na instituição, atingindo cerca de 1.500 kg de resíduos gerados durante o total das férias, sendo, quase 60% desse montante tem potencial reciclável. No mesmo período, constatou-se que, em média, 40 kg de resíduos não recicláveis são dispostos incorretamente nos coletores destinados ao descarte de recicláveis, prática que pode contaminar o material reciclável, repercutindo em retrabalho, perda de valor e diminuição do potencial de renda dos catadores. A Figura 2 demonstra a segregação típica dos

resíduos gerados na POLI versus a forma como são segregados, em média, nos períodos em que foram realizadas as análises gravimétricas.

Figura 2: Segregação atual e esperada dos resíduos produzidos na POLI no período não letivo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

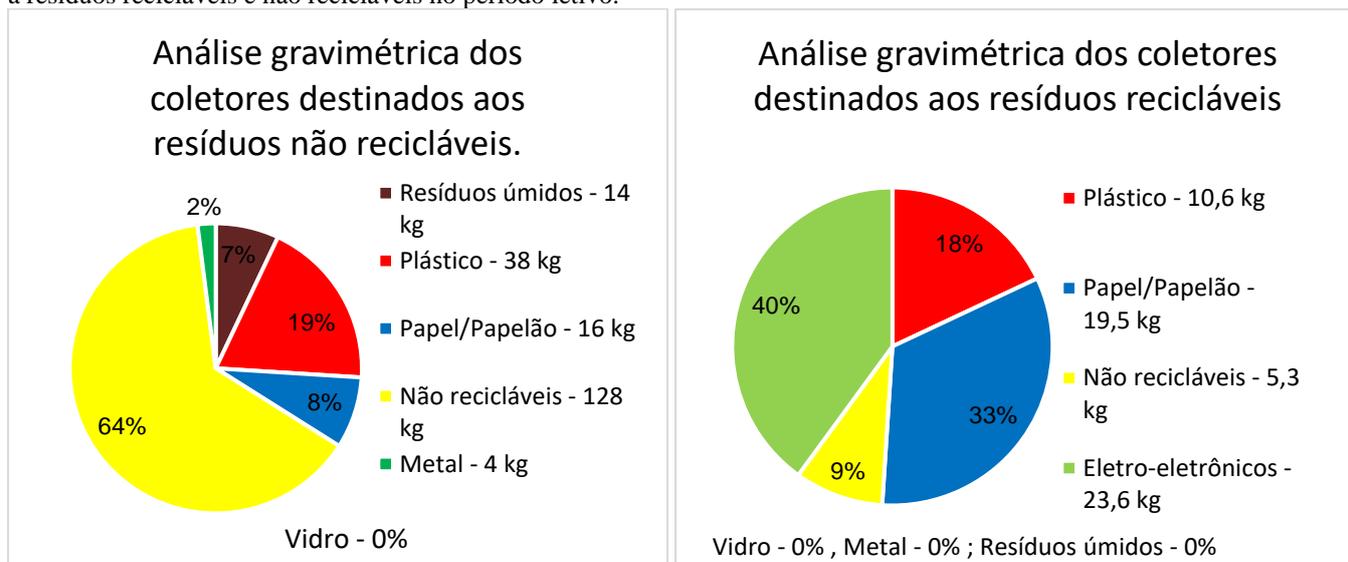
Visto isso, também se pode calcular um índice de recuperação de recicláveis (IRR), isto é, a razão entre o peso de recicláveis que está sendo segregado corretamente e o total de resíduos produzidos na POLI. Nos meses de férias verifica-se que em média 83,1 kg de recicláveis são separados corretamente por semana, em contraponto a 179,3 kg de resíduos produzidos no mesmo espaço de tempo, o que resulta em um IRR de 46,3%, valor esse que poderia chegar a 59,3% se a expectativa para segregação de resíduos fosse atingida. Ou seja, a coleta seletiva atinge em média 78,07% do seu potencial. A melhoria da segregação poderia elevar esse patamar e incrementar a renda dos catadores.

Levando em consideração que no período não letivo apenas os funcionários do setor administrativo estão presentes na IES, foi gerado outro indicador, dessa vez qualitativo com o objetivo de manutenção do PGRS da POLI. Sendo este a visita às salas do administrativo para orientá-los quanto a segregação correta dos resíduos.

3.2 PERÍODO LETIVO

No período em que há aulas na instituição são dispostos aproximadamente 200 kg/semana nos coletores destinados a material não reciclável, tendo sua tipologia dada pela Figura 3.

Figura 3: Gráficos dos resultados das análises gravimétricas dos resíduos dispostos nos coletores destinados a resíduos recicláveis e não recicláveis no período letivo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

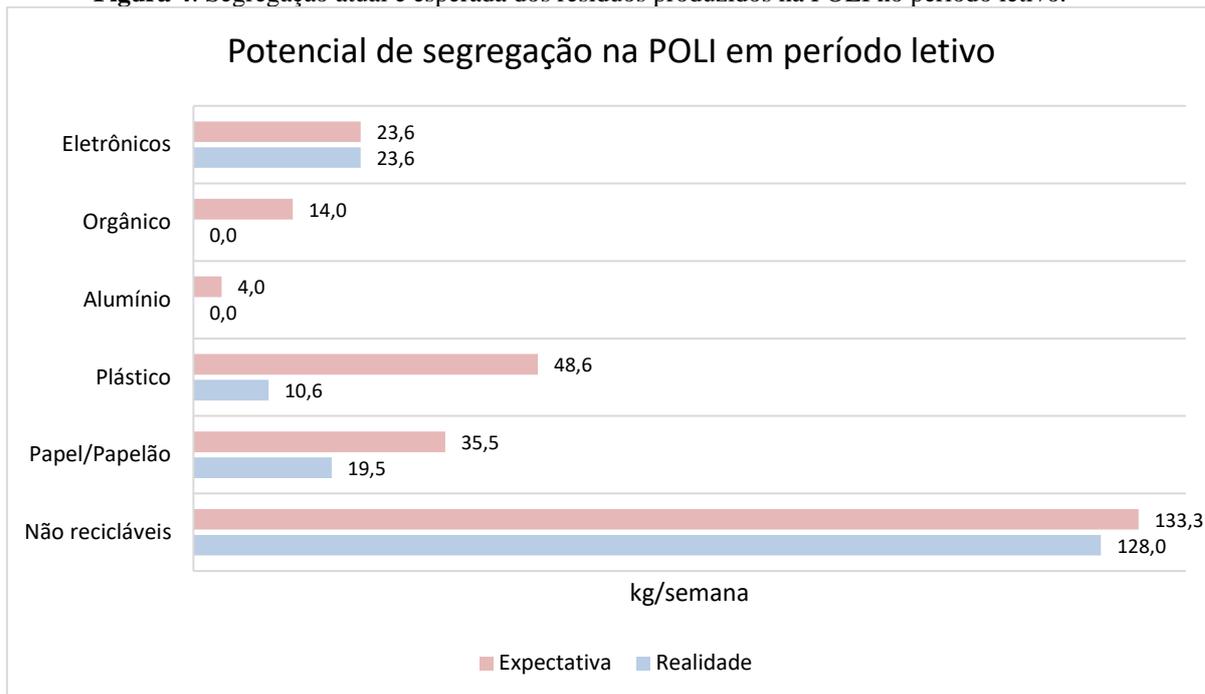
Nos coletores indicados para disposição de materiais recicláveis, são segregados cerca de 59 kg/semana, a separação desses resíduos se dá segundo a Figura 3.

A partir os dados obtidos na análise gravimétrica dos resíduos depositados nos coletores de resíduo não recicláveis, constatou-se que a cada sete dias 74 kg de material reciclável é descartado incorretamente. Considerando que no ano letivo possui cerca de quarenta e quatro semanas, neste período, seria possível segregar corretamente mais de 3.200 kg, aumentando o volume de materiais recicláveis e a geração de renda para os catadores.

Efetuando-se o cálculo do índice de recuperação de recicláveis neste caso, tem-se que aproximadamente 77,5 kg de recicláveis separados corretamente em uma semana, valor que corresponde a uma parcela dos 259 kg que são produzidos no mesmo intervalo de tempo, resultando num reaproveitamento 30%, valor esse que poderia chegar a 56,9%. Dentre os materiais recicláveis, é importante ressaltar o descarte de eletroeletrônicos, que atinge uma média 200 kg por ano.

Analogamente ao que foi apresentado para os resíduos produzidos em época de férias, tem-se na Figura 4 que demonstra a realidade em contraponto à expectativa da atual segregação de resíduos na POLI.

Figura 4: Segregação atual e esperada dos resíduos produzidos na POLI no período letivo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O cálculo e a análise desses indicadores evidenciaram que medidas devem ser tomadas para garantir a melhoria da coleta, por meio da intensificação da Educação Ambiental na instituição de ensino junto a todos os seus stakeholders (alunos, professores, funcionários, visitantes, fornecedores, contratados). Em vista disso, objetivando o fomento à participação de alunos, funcionários e professores foram criados, foram selecionados indicadores para acompanhar as ações voltadas ao engajamento da comunidade acadêmica.

A exemplo do acompanhamento da realização de ações de Educação Ambiental como exemplo: a participação da acolhida de alunos ingressantes e as aulas de introdução a engenharia, nas quais os alunos engajados no PGRS da POLI apresentam e explicam a importância da adesão ao plano, conforme a Figura 5.

Figura 5: Ações de educação ambiental na POLI.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

A realização de eventos com a temática ambiental, como o Fórum DESS - Segunda da Sustentabilidade, é outro importante instrumento para manutenção e acompanhamento do plano, pois auxilia na educação e comunicação dos principais indicadores à comunidade acadêmica da POLI. Assim como, a produção de materiais informativos acerca do manejo dos resíduos e sua tipologia, disponibilizados no site e redes sociais do DESS também é um agente fundamental para garantir a divulgação do PGRS.

3.3 ACONDICIONAMENTO INTERNO E EXTERNO

Uma considerável preocupação que surgiu o longo da aplicação dos indicadores foi a necessidade de levantar se os coletores dispostos no campus atendiam à demanda populacional local e se a quantidade dos mesmos era suficiente para a área abrangida pelo polo universitário.

Com isto, foram calculados quatro indicadores com o objetivo de caracterizar o acondicionamento interno da POLI. O primeiro deles é a razão entre a quantidade de coletores recicláveis e a área de cobertura da POLI (QCR), o segundo é semelhante ao primeiro, contudo, é calculado a partir da quantidade de coletores não recicláveis (QCNR).

O terceiro e o quarto indicadores são a quantidade de coletores recicláveis multiplicada pelos seus respectivos volumes (Vol1); e a quantidade de coletores não recicláveis multiplicada pelos seus respectivos volumes (Vol2). Esses indicadores visam garantir de que o montante de resíduos produzidos na POLI possui quantidade suficiente

de coletores para abarcá-los e que área de armazenamento externo comporte o volume total segregado até sua retirada semanal.

Na contagem, foi identificado que há um total de 39 coletores não recicláveis e 72 recicláveis e que seus volumes podem ser indicados pelas tabelas abaixo. Além disso, a área construída da POLI, calculada a partir das plantas baixas de cada bloco e pavimento, que totalizou 8.700 m².

Tabela 2: Quantidade de coletores recicláveis e não recicláveis e seus respectivos volumes.

Capacidade volumétrica dos coletores recicláveis e não recicláveis											Total
Recicláveis	Volume (litros)	2	8	1	1	22,	2	3	11	14	2.948,5 litros
	Quantidade de coletores	1	13	1	2	1	1	1	2	17	
Não recicláveis	Volume (litros)	3	14	-	-	-	-	-	-	-	7.164 litros
	Quantidade de coletores	3	7	-	-	-	-	-	-	-	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 6: Modelos dos coletores recicláveis e não recicláveis.



Fonte: Arquivo pessoal.

Com isso, totaliza-se 39 coletores destinados ao descarte dos materiais não recicláveis e 72 coletores dispostos para o descarte dos resíduos recicláveis. Os resultados obtidos serviram como base para os indicadores referentes ao acondicionamento interno, assim apresentados no Quadro 5.

Quadro 5: Indicadores de acondicionamento interno.

Diretrizes	Indicadores	Periodicidade do cálculo
Capacidade de abrangência dos coletores não recicláveis	$\frac{\text{Quantidade de coletores não recicláveis}}{\text{Área da POLI}}$	Semestralmente
Capacidade de abrangência dos coletores recicláveis	$\frac{\text{Quantidade de coletores recicláveis}}{\text{Área da POLI}}$	Semestralmente

Fonte: Elaborado pelos autores.

Conforme a Figura 7, observa-se que aproximadamente a cada 128,8m² e 223,1 m², respectivamente, são encontrados um coletor destinado a resíduos recicláveis e outro endereçado a resíduos não recicláveis. Concluindo-se que a quantidade de coletores de ambas as tipologias é suficiente para abarcar a área de cobertura do polo universitário, bem como suas respectivas capacidades volumétricas, tomando como base a pesagem realizada no cálculo dos indicadores P1 e P2.

Figura 7: Cálculo da área da POLI pela planta baixa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Diante do estudo, considerando a melhoria da coleta seletiva, será possível atingir em média 300kg de materiais recicláveis por semana, gerando a necessidade de espaço externo coberto, com um container de capacidade 2.000 l, para acondicionar os materiais recicláveis, durante uma semana, período em que é feita a retirada.

3.4 REALIZAÇÃO DE TREINAMENTOS COM O PESSOAL DE SERVIÇOS GERAIS

Para garantir que o plano logre êxito, a capacitação contínua dos agentes que atuam na área de limpeza do polo universitário é um importante indicador, pois, garante a manutenção e melhoria do PGRS POLI.

Figura 8: Treinamento dos funcionários de serviços gerais realizado em março de 2019.



Fonte: Arquivo pessoal.

Além disso, foi orientado ao setor administrativo da faculdade que inserisse uma cláusula nos contratos de trabalho que garanta a colaboração dos prestadores de serviço no projeto de gerenciamento de resíduos sólidos, para garantir a colaboração de tais profissionais.

3.5 REALIZAÇÃO DE PARCERIAS

Um último indicador, mas não menos importante que os demais são as parcerias estabelecidas pela POLI com demais órgãos (Associações, outras universidades nacionais e internacionais, setores privados, movimentos sociais, comércio informal próximo ao polo universitário) em prol do projeto. Esse instrumento fortalece o plano como um todo, auxiliando na sua manutenção e continuidade.

Uma importante parceria a ser citada é a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária de Pernambuco (ABES-PE), através de sua Câmara Temática de Resíduos Sólidos – CTRS-DN, que acompanha a elaboração e implementação do Plano, desde 2014.

3.6 ANÁLISE DOS RESÍDUOS ORGÂNICOS

A determinação de indicadores, no que se refere a análise dos resíduos orgânicos, foi realizada em parceria com projeto de extensão, coordenada pelo Laboratório de Energia e Combustíveis – POLICOM/POLI/UPE e DESS, que iniciou a instalação de um biodigestor para processar os resíduos orgânicos, gerar biogás e alimentar parte do consumo da cantina da faculdade.

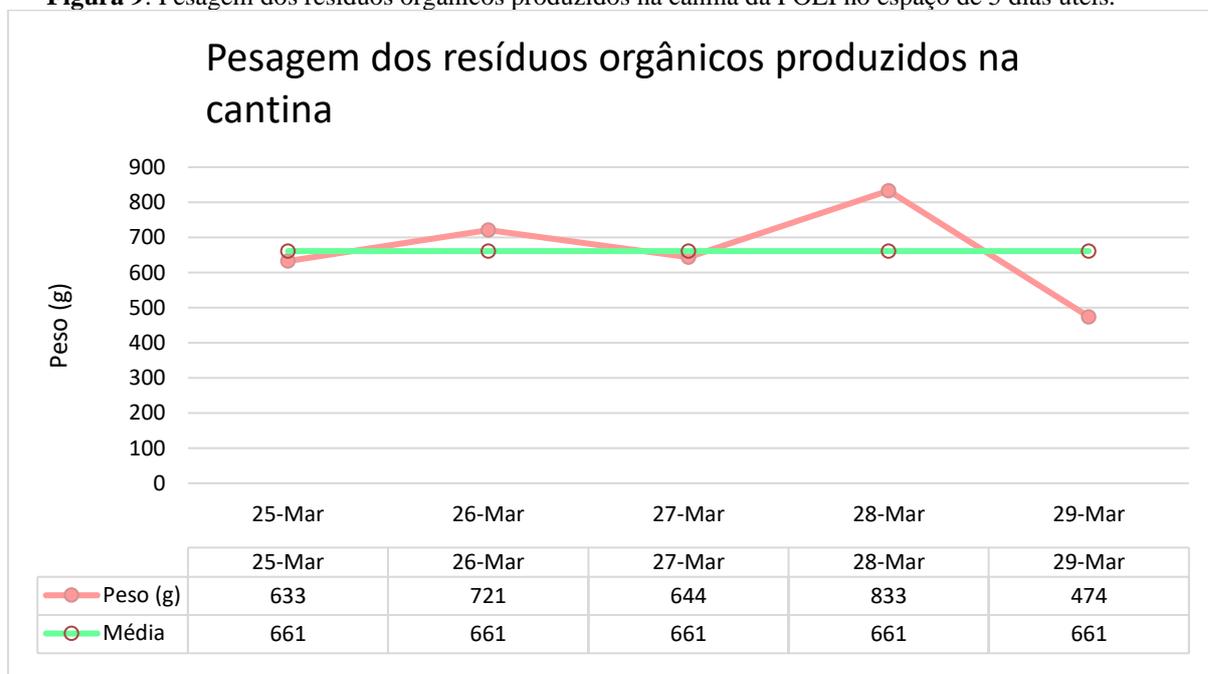
Para avaliar a geração de biogás foi realizada a pesagem, Figura 9, dos resíduos orgânicos produzidos pela cantina durante uma semana. Os resultados obtidos mostraram

que apenas 3,3 kg de orgânicos são gerados semanalmente, o que não seria suficiente para alimentar a totalidade do consumo do fogão.

Diante do exposto, o sistema de biodigestor foi projetado em dois estágios, cada um sendo realizado por um container de 1.000 L, interconectados por meio de uma tubulação de 100mm, que terá um gasômetro para o acompanhamento da produção do biogás, ficando conectado a um fogão de uma boca através de uma mangueira de gás.

A biodigestão em dois estágios se faz necessário para aumentar o tempo de residência do substrato e permitir que os micro-organismos consigam degradar com mais eficiência os restos de comidas que tem um teor elevado de celulose. Vale informar que o teor de matéria sólida será de 10% do volume total em base seca; tendo sido adquiridos e instalados dois containers de 1.000 litros no pátio da POLI.

Figura 9: Pesagem dos resíduos orgânicos produzidos na cantina da POLI no espaço de 5 dias úteis.



A partir desse indicador, o biodigestor foi adaptado para alimentar apenas uma das chamas do fogão.

4 CONCLUSÕES

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos é um conjunto integrado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, sob a luz das legislações vigentes e considerando os critérios sanitários, ambientais e econômicos para acondicionar, coletar, tratar, reutilizar e dispor adequadamente os resíduos sólidos.

Neste contexto, faz-se necessário desenvolver o monitoramento e análise do gerenciamento dos resíduos sólidos através de indicadores, que são instrumentos de informações de caráter técnico e científico para acompanhar e avaliar a realização das diretrizes e metas propostas, bem como embasar as adequações necessárias e tomadas de decisões, no intuito do alcance dos resultados esperados na elaboração do plano de gerenciamento.

Os indicadores aqui apresentados, se demonstraram eficazes para o acompanhamento e a revisão periódica do PGRS da POLI, identificando os pontos de melhoria, como por exemplo, o correto descarte dos resíduos sólidos até sua destinação e disposição final.

Portanto, os indicadores propostos neste artigo configuram-se como uma importante ferramenta que serve de subsídio para um melhor acompanhamento, análise, adequações e tomada de decisões, para o bom desempenho e continuado aprimoramento do plano.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro e científico, direto e indireto, recebido pela equipe que compõe o grupo de pesquisa da Universidade de Pernambuco, Desenvolvimento Seguro e Sustentável (DESS), responsável pela realização dos projetos de ensino, extensão e pesquisa relacionados a área de gerenciamento de resíduos sólidos (DESS@POLI) e que contribuíram com a publicação deste artigo:

- Diretores, professores, servidores, funcionários, alunos e demais membros da comunidade da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE);
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PEC/POLI/UPE);
- Universidade de Pernambuco (UPE) que através de seu Programa de Fortalecimento Acadêmico (PFA) tem apoiado financeiramente os projetos de pesquisa do DESS e programa de extensão DESS@POLI 2019/2020;
- Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE);
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

- Câmara Temática de Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e,
- Cooperativa de Trabalho dos Catadores De Materiais Recicláveis Erick Soares – COOCARES.
- Cooperativa PRÓ-RECIFE
- Empresa de Engenharia Sanitária e Construções Ltda. (EMPESA)
- Central de Tratamento de Resíduos S.A. (ECOPARQUE)
- Social Justice Club (SJC), EUA

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Lei Nº 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília-DF 3 ago. 2010. Seção 1.

BELL, S; MORSE, S. **Sustainability indicators: measuring the immeasurable**. 2ª edição. Londres: Earthscan, 2008.

DESS - GRUPO DE PESQUISA DESENVOLVIMENTO SEGURO E SUSTENTÁVEL. **Relatório de atividade de extensão: Análise gravimétrica dos resíduos produzidos durante dois dias úteis na POLI**. Disponível em: <<http://dessengenharia.wixsite.com/dess/gestao-rs-e>>

DIZDAROGLU, D. **Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment**. Environmental Impact Assessment Review, v. 54, p.119– 124, 2015.

FECHINE, R. e MORAES, L.R.S. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos para avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação na cidade de Salvador - BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Brasil, v.2, n.1, 2014.

FIGUEIRÔA, B. M. F. **Análise de composição gravimétrica dos resíduos sólidos: um instrumento de educação socioambiental numa instituição de ensino superior**. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, 2017

GARCIA, S; GUERRERO, M. **Indicadores de sustentabilidad ambiental en La gestión de espacios verdes: Parque urbano Monte Calvário, Tandil**. Rev. geogr. Norte Gd, Argentina, no.35, p.45-57, 2006.

GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciên. Saúde Coletiva, v.17, n.6, p.1503-1510. 2012.

KOHLMAN RABBANI, E. R. et al. **A Percepção Socioambiental dos Graduandos em Engenharia: um estudo de caso na Escola Politécnica de Pernambuco**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, São Paulo, v. 14, 2016.

KOHLMAN RABBANI, E. R. et al. Integração do ensino, pesquisa e extensão para o gerenciamento de resíduos sólidos na Escola Politécnica de Pernambuco e sua vizinhança. **Educação e a apropriação e reconstrução do conhecimento científico**: Atena, 2020, cap 9, p.76 – 97. ISBN 978 – 65- 5706 – 607- 2, DOI 10.22533/at.ed.072201512.

MALHEIROS, T. F.; PHILIPPI JR., A.; COUTINHO, S. M. V. **Agenda 21 Nacional e Indicadores de Desenvolvimento Sustentável: contexto brasileiro**. Saúde e Sociedade, 17(1), 7-20. 2008.

MADEIRA; A. C. F. D.; CARRAVILLA, M. A. S. L.; OLIVEIRA, J. F. C.; COSTA, C. A. V. **Indicadores de sustentabilidade para instituições de ensino superior**. 2008. 220f. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em

Engenharia do Ambiente - FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, Portugal, 2008.

ONU. Assembleia Geral das Nações Unidas. **Um terço do lixo da América Latina e Caribe acaba em aterros ou na natureza. 2018.** Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/um-terco-do-lixo-da-america-latina-e-caribe-acaba-ematerros-ou-na-natureza-diz-onu/>>. Acesso: 19 de jan. 2019.

PNUMA, Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente. **Global Waste Management Outlook.** 2015. Disponível em: <http://eprints.whiterose.ac.uk/99773/1/GWMO_report.pdf>. Acesso: 12 de jan. 2019.

SANTIAGO, L.S.; DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental.** Brasil, v.17, n.2, 2012.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L.L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: Modelo para implantação em Campus Universitário. **Revista Gestão e Produção.** Brasil, v.13, n.3, 2006.