



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM LABORATÓRIOS DE ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS: UMA ABORDAGEM MULTICRITERIAL

Igor Souza Ogata¹, Samanda Costa do Nascimento², Lígia Belieiro Malvezzi³
e Amanda Paiva Farias⁴

Resumo: Os resíduos sólidos perigosos produzidos em ambientes laboratoriais ainda não são muito estudados nas temáticas ambientais. Diante dessa realidade, este trabalho objetivou analisar a qualidade do gerenciamento dos resíduos sólidos em laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas, por meio de uma abordagem multicriterial. Três laboratórios de uma instituição de ensino superior foram selecionados e avaliados em onze critérios, organizados nas categorias planejamento, geração, segregação, acondicionamento, tratamento e disposição final, para então serem ordenados quanto a qualidade do gerenciamento de seus resíduos através do método multicriterial PROMETHEE. O laboratório que apresentou melhor condição foi o que realizava planejamento, segregação e acondicionamento dos resíduos recicláveis e rejeitos. Contudo, em todos os laboratórios estudados foi verificado que nem todas as classes de resíduos sólidos possuíam um manejo adequado, corroborando a hipótese que essa prática ainda não faz parte do cotidiano desses ambientes laboratoriais.

Palavras-chave: Ambiente laboratorial. Metodologia PROMETHEE. Resíduos sólidos perigosos.

1 Introdução

As discussões sobre os impactos ambientais que as atividades humanas vêm causando no meio ambiente têm ganhado maior visibilidade nos últimos anos por estar afetando, diretamente, a sociedade. O desenvolvimento econômico, a revolução tecnológica, o crescimento populacional e a urbanização causaram alterações no estilo de vida das pessoas e nos modos de produção e consumo da população (GOUVEIA, 2012). E como consequência, grandes volumes de resíduos sólidos são gerados diariamente, principalmente nos centros urbanos.

Diante dessa geração exorbitante, se faz necessário um efetivo gerenciamento dos resíduos sólidos. Deste modo, no cenário atual brasileiro há um marco legal – a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei 12.305 (BRASIL, 2010) – que direciona as responsabilidades dos geradores assim como dos órgãos públicos. No entanto, mesmo com esse direcionamento, no Brasil o índice de

cobertura de coleta de resíduos sólidos urbanos é em torno de 91,24%, dos quais apenas 59% possuem uma destinação final em aterros sanitários, e a outra parcela é depositada em vazadouros a céu aberto ou aterros controlados (ABRELPE, 2018). E se tratando dos resíduos perigosos, que apresentam significativo risco à saúde pública e à qualidade ambiental, a cobertura é ainda menor, com apenas 2,4% dos municípios brasileiros tendo realizado coleta no ano de 2008 (IBGE, 2008).

As Instituições de Ensino Superior (IES), assim como os centros urbanos, possuem uma grande geração de resíduos. Essas IES exercem diferentes atividades que proporcionam uma geração de resíduos bastante heterogênea, sendo dedicada uma preocupação especial quanto a geração de resíduos laboratoriais, que apesar do baixo volume produzido possuem características perigosas, dificultando o tratamento e/ou disposição final (GERBASE et al., 2005). E como afirmam Brunner e Rechberger (2015), quanto maior a rotatividade de materiais, mais

¹E-mail: igor_ogata@hotmail.com

Av. Coronel Pedro Targino, S/N, Centro, Araruna, Paraíba, CEP: 58233-000.

²E-mail: samandacosta93@gmail.com

³E-mail: ligiamalvezzi@gmail.com

⁴E-mail: amandapaiva.farias@gmail.com

complexos e diversificados são os resíduos produzidos e mais desafiador é para o gerenciamento atingir as metas de “proteção ao homem e ao meio ambiente” e “conservação de recursos naturais”.

Devido a responsabilidade da IES em promover um impacto positivo no bem-estar socioeconômico e ambiental de suas comunidades imediatas e ampliadas, as instituições são pressionadas pelos órgãos nacionais e internacionais na adoção de estratégias de desenvolvimento sustentável em todas as suas operações (ADENIRAN; NUBI; ADELOPO, 2017). De modo que as IES passam a ter a função primordial na difusão e implantação de ideias sustentáveis para a redução do impacto ambiental negativo (PEIXOTO et al., 2019).

Assim, para avaliar as práticas sustentáveis e a eficiência do gerenciamento de resíduos sólidos de laboratórios em IES, este trabalho utilizou o método de análise multicriterial PROMETHEE aplicado em três laboratórios de uma universidade, a fim de investigar quais apresentam melhor qualidade no gerenciamento dos resíduos, tomando como base uma abordagem semelhante à realizada por Carvalho, Araújo Carvalho e Curi (2011) na avaliação da sustentabilidade ambiental de municípios paraibanos, como uma alternativa de investigação do nível de desenvolvimento das cidades.

Uma análise multicriterial é um estudo de várias alternativas que podem ser selecionadas simultaneamente, por meio de múltiplos e conflitantes critérios (CALDERS; VAN ASSCHE, 2018; KARMPERIS et al., 2013), a fim de definir a mais preferível com base num ordenamento por dominância (BRANS; VINCKE, 1985).

Essa compreensão de dominância para múltiplos critérios é pobre, pois esse conceito sugere que haja uma alternativa que é dominante para todos os critérios ao mesmo tempo, e como isso dificilmente ocorre, os métodos multicritérios são submetidos a modelos matemáticos complexos para enriquecer a relação de dominância parcial (BRANS; VINCKE, 1985; CALDERS; VAN ASSCHE, 2018). Assim, para simplificar matematicamente a análise multicriterial, Brans e Vincke (1985) criaram o *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* (PROMETHEE), facilitando o entendimento dos tomadores de decisão.

O PROMETHEE é um método multicriterial de ordenação parcial (PROMETHEE I) ou total (PROMETHEE II)

que ranqueia as alternativas através de comparação par a par, com base nos critérios selecionados. Esses critérios são classificados entre seis funções de preferência (Figura 1) e depois são calculados os índices de preferência e não preferência segundo as Equações 1 e 2.

Onde Φ^+ é o índice de preferência, Φ^- é o índice de não preferência, k é o número de critérios, h é o critério analisado, $P_h(a,b)$ é o valor da função em que a alternativa “a” é mais preferível que a alternativa “b” e $P_h(b,a)$ é o valor da função em que a alternativa “b” é mais preferível que a alternativa “a”.

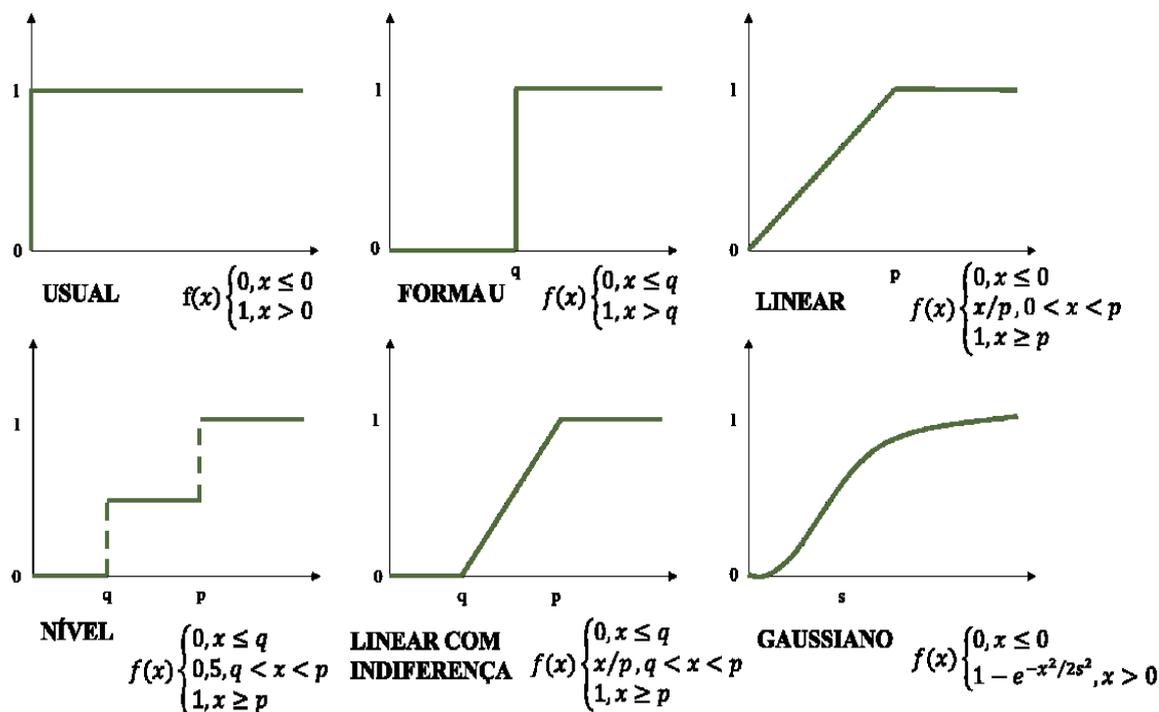
Com base nesses valores, é possível afirmar que uma alternativa é dominante ou indiferente em relação a outra, diante das condições apresentadas no Quadro 1.

Trabalhos que analisaram aplicações do PROMETHEE (CALDERS; VAN ASSCHE, 2018; KARMPERIS et al., 2013; NASSEREDDINE et al., 2019) chegaram à conclusão de que ele facilita o entendimento do tomador de decisão, utiliza um procedimento transparente, pode utilizar critérios qualitativos e quantitativos ao mesmo tempo, inclusive por vezes conflitantes e possui flexibilidade metodológica, que permite ser aplicado em várias áreas do conhecimento. Por outro lado, possui subjetividade na seleção dos critérios e limitações associadas ao custo computacional, devido a comparação par a par.

Diante dessas características, este método vem sendo muito utilizado no auxílio a tomada de decisão, principalmente na área acadêmica (ARCIDIACONO et al., 2018) e vem fomentando novas abordagens como a ponderação apresentada por Calders e Van Assche (2018), nova função de preferência por Nassereddine et al. (2019) e seleção de alternativas agrupadas por Boujelben (2017) e Sarrazin, Smet e Rosenfeld (2018).

De modo semelhante, o método PROMETHEE também é aplicado no apoio a tomada de decisão no gerenciamento dos resíduos sólidos (SIMONETTO; BOREINSTEIN, 2007; ABED-ELMDOUST; KERACHIAN, 2012; ARIKAN; SIMSIT-KALENDER; VAYVAY., 2017; VUCIJAK; KURTAGIC; SILAJDZIC, 2016), obtendo resultados satisfatórios. Portanto, este método foi escolhido para realizar a avaliação da qualidade do gerenciamento dos resíduos sólidos em laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas de uma IES.

Figura 1 – Funções de preferência do método PROMETHEE



Fonte: Adaptado de Brans e Vinke (1985)

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{k} \sum_{h=1}^k P_h(a, b) \quad (1)$$

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{k} \sum_{h=1}^k P_h(b, a) \quad (2)$$

Quadro 1 – Condições de preferência e dominância do método PROMETHEE

Preferência		Dominância	
Preferência positiva (P ⁺)	$\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$	Dominância	P ⁺ e P ⁻
Preferência negativa (P ⁻)	$\Phi^-(a) < \Phi^-(b)$		I ⁺ e P ⁻
Indiferença positiva (I ⁺)	$\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$	Indiferença	P ⁺ e I ⁻
Indiferença negativa (I ⁻)	$\Phi^-(a) = \Phi^-(b)$		I ⁺ e I ⁻

Fonte: Adaptado de Brans e Vincke (1985)

2 Metodologia

Inicialmente foi selecionado o método PROMETHEE II como modelo matemático de enriquecimento da dominância de alternativas, a fim de ranquear laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas da área de saneamento de uma IES, em relação à qualidade do gerenciamento dos resíduos sólidos. Em seguida, os critérios de avaliação foram definidos, assim como suas funções de preferência e limites, para posteriormente realizar uma visita técnica com a finalidade de entender a rotina de manejo dos resíduos sólidos nos laboratórios e enfim obter o grau de preferência entre estes, identificando o que possui melhor gerenciamento.

2.1 Seleção de critérios

Os critérios para compor o método PROMETHEE II foram selecionados levando em consideração os atributos apresentados por Kalbar, Karmakar e Asolekar (2012), que avaliam a capacidade do critério em representar a adequação da prática aos recursos financeiros disponíveis, aos recursos humanos disponíveis e a aceitabilidade pela comunidade científica. Além disso, se orientou por critérios selecionados em outros trabalhos que aplicaram métodos multicriteriais na avaliação de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos (ABED-ELMDOUST; KERACHIAN, 2012; ARIKAN; SIMSIT-KALENDER; VAYVAY, 2017; KAPEPULA et al., 2007;

VEGO; KUCAR-DRAGICEVIC.; KOPRIVANAC, 2008; VUCIJAK; KURTAGIC; SILAJDZIC, 2016). Contudo, vale a pena salientar que nenhum destes trabalhos realizou a análise da geração de resíduos em ambientes laboratoriais.

A partir daí, foram definidos onze critérios organizados em seis categorias que representam as etapas de gerenciamento dos

resíduos sólidos, denominadas de **planejamento, geração, segregação, acondicionamento, tratamento e disposição final**. Os critérios organizados em suas categorias, bem como os valores que podem ser admitidos em cada critério e suas respectivas função preferência e limites estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Critérios selecionados com seus respectivos valores, funções preferência e limites

Categoria	Critério	Valores dos critérios	Função	Limites
Planejamento	P1 – Existência de manual de boas práticas sobre manejo dos RS	0 – Não tem 0,5 – Inadequado 1 – Adequado	Nível	q = 0,0 p = 0,5
	P2 – Existência de treinamento aos usuários	0 – Não tem 1 – Tem	Usual	-
Geração	G1 – Redução na geração de RS	0 – Não tem 0,6 – Resíduos perigosos 0,25 – Rejeitos 0,15 – Recicláveis	Linear	p = 0,25
	G2 – Substituição de reagentes perigosos	0 – Não substituí 1 – Substituí	Usual	-
Segregação	S1 – Segregação dos RS	0 – Não tem 0,33 – Resíduos perigosos 0,33 – Rejeitos 0,33 – Recicláveis	Linear	p = 0,33
Acondicionamento	A1 – Acondicionamento dos resíduos perigosos	0 – Não tem 0,5 – Inadequado 1 – Adequado	Nível	q = 0,0 p = 0,5
	A2 – Acondicionamento dos rejeitos	0 – Não tem 0,5 – Inadequado 1 – Adequado	Nível	q = 0,0 p = 0,5
	A3 – Acondicionamento dos recicláveis	0 – Não tem 0,5 – Inadequado 1 – Adequado	Nível	q = 0,0 p = 0,5
Tratamento	T1 – Recuperação dos resíduos perigosos	0 – Não tem 1 – Tem	Usual	-
	T2 – Tratamento dos RS	0 – Não tem 0,6 – Resíduos perigosos 0,15 – Rejeitos 0,25 – Recicláveis	Linear	p = 0,25
Disposição final	D1 – Disposição final ambientalmente adequada	0 – Não tem 0,6 – Resíduos perigosos 0,25 – Rejeitos 0,15 – Recicláveis	Linear	p = 0,25

Nota: RS = Resíduos sólidos.

Fonte: Autores (2020)

Diante do apresentado no Quadro 2 é necessário realizar uma inferência sobre os limites estabelecidos para os critérios G1, S1, T2 e D1. Para o critério G1 o valor de “p” foi de 0,25 para indicar que pelo menos diminuir a geração de rejeitos é significativa, pois a geração de recicláveis não é tão problemática devido a possibilidade de retornar esse material ao ciclo produtivo. Em relação ao critério S1 o valor de “p” ser definido como 0,33 possui o objetivo de indicar que segregar qualquer um dos resíduos gerados no laboratório é significativo. O limite “p” de 0,25

para o critério T2 sinaliza que é significativo realizar o tratamento pelo menos para os recicláveis, pois a melhor solução disponível para rejeitos são os aterros sanitários, classificados como disposição final. Enquanto o limite “p” igual a 0,25 para o critério D1 ressalta a importância de dispor de forma ambientalmente adequada pelo menos os rejeitos, uma vez que os recicláveis melhor seriam destinados se fossem para o tratamento, ou seja, retornar ao processo produtivo.

2.2 Coleta dos dados

Uma vez determinado o método, definindo os critérios, os valores que estes podem assumir, juntamente com suas funções preferência e limites, o processo metodológico passou para a etapa da coleta dos dados, em que houve a realização de visita técnica em três laboratórios da área de saneamento de uma IES, posteriormente denominados de L1, L2 e L3. Vale a pena ressaltar que todos esses laboratórios realizam análises físico-químicas e microbiológicas de amostras de água e efluentes, suprimindo a demanda das pesquisas realizadas na IES. Contudo, os laboratórios L2 e L3 ainda prestam serviço para outras instituições públicas e privadas, realizando análises e elaborando laudos técnicos.

As visitas técnicas ocorreram entre os dias 15 e 20 de agosto de 2019 e tiveram o propósito de avaliar as práticas de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nestes laboratórios, coletando informações por meio de perguntas aos responsáveis pelo estabelecimento e observações realizadas *in loco*, tornando assim possível o preenchimento dos critérios anteriormente definidos.

3 Resultados

3.1 Caracterização do Laboratório L1

O Laboratório L1 não possui planejamento para gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, não havendo nenhuma documentação – manual de boas práticas – que oriente os usuários quanto ao manejo dos resíduos, assim como também não há nenhum treinamento aos usuários. Essa situação se reflete, diretamente, nas ações de geração, segregação, tratamento e disposição final dos resíduos.

Para a geração, apesar de haver práticas relativas à diminuição da quantidade de rejeitos e recicláveis, devido a economia de insumo, reutilização de copos e diminuição do desperdício de alimentos, não há práticas para diminuir a geração de resíduos perigosos – como a adoção de equipamentos e métodos analíticos que necessitam de menor quantidade de reagentes perigosos –, havendo, quando possível, apenas a substituição de reagentes perigosos, ao utilizar as orientações de Silva e Oliveira (2001). Associado a isso, a segregação não ocorre no laboratório, pois os resíduos são

acomodados juntos, com exceção de uma pequena parcela de resíduos perigosos – caracterizados pela presença de metais pesados –, que são acondicionados inadequadamente abaixo dos balcões de trabalho.

Em relação ao tratamento, este ocorre apenas para os resíduos perigosos, com práticas de recuperação de metais pesados e neutralização das soluções, mas após o tratamento esses resíduos são lançados no sistema de esgotamento sanitário da cidade, que não possui capacidade de receber esse tipo de efluente, pois a estação de tratamento realiza apenas tratamento biológico (LOPES et al., 2016, PMCG, 2014). Por outro lado, os rejeitos e recicláveis apesar de não passarem por um processo de tratamento, são dispostos adequadamente em aterro sanitário, localizado na mesma cidade.

3.2 Caracterização do Laboratório L2

O Laboratório L2 possui manual de boas práticas dos usuários, que apresenta orientações para a execução das análises físico-químicas e microbiológicas, presença no ambiente laboratorial e ações de prevenção aos acidentes, caso o usuário esteja trabalhando com vidros. Contudo, não há referência específica quanto ao gerenciamento dos resíduos gerados que abranja instruções quanto à geração, segregação, tratamento e disposição final. Além disso, os usuários – tanto antigos quanto novos – não recebem treinamento de boas práticas em laboratórios.

Ações de redução de resíduos gerados são encontradas no Laboratório L2, as quais visam, principalmente, evitar o desperdício de luvas, máscaras, papel toalha entre outros insumos. Apesar de o laboratório realizar análises microbiológicas e físico-químicas, não foi verificada a substituição de reagentes perigosos nas análises. Adicionalmente, não foi constatada a utilização de recipientes armazenadores específicos para as diferentes tipologias de resíduos gerados no laboratório, concluindo, então, a ausência de segregação.

Uma vez constatada a falta de segregação, o acondicionamento dos resíduos perigosos, rejeitos e recicláveis ocorre em um único recipiente armazenador disposto no laboratório. Ademais, o laboratório também não apresentou recuperação ou tratamento dos resíduos

gerados. Para a disposição final, os recicláveis e rejeitos seguem para coleta da universidade, com destino ao aterro sanitário.

3.3 Caracterização do Laboratório L3

O Laboratório L3 apresentou manual de boas práticas que contém informações a respeito do correto gerenciamento dos resíduos. Os usuários são treinados a fim de melhorar e aperfeiçoar o funcionamento do laboratório. Durante a visita, foi verificado que os funcionários são instruídos a utilizarem os reagentes perigosos de forma consciente, de modo que houvesse o mínimo de desperdício após as análises. Porém, a substituição desses reagentes perigosos não foi constatada.

No que diz respeito à segregação, os resíduos do Laboratório L3 são separados conforme tipologia. Contudo, a constatação do responsável pelo laboratório é de que a segregação não surte efeito positivo para o gerenciamento dos resíduos, uma vez que a coleta da universidade não respeita a

segregação, e tudo é destinado ao aterro sanitário da cidade.

O acondicionamento dos resíduos perigosos não foi verificado, tendo em vista que os resíduos resultantes das análises são misturados ou diluídos para descarte na rede coletora de esgoto. Os rejeitos e recicláveis apresentaram acondicionamento, porém de forma inadequada, pois ficam no ambiente do laboratório, expondo os usuários aos riscos associados ao contato com os resíduos.

O tratamento correspondente à recuperação dos resíduos perigosos para o Laboratório L3 consiste na neutralização dos ácidos utilizados nas análises. Por outro lado, não há tratamento para recicláveis e rejeitos. No que diz respeito à disposição, assim como os demais laboratórios, os resíduos são dispostos no aterro sanitário da cidade.

Diante da caracterização anteriormente realizada dos três laboratórios estudados, os valores dos critérios selecionados – determinados segundo valores predefinidos no Quadro 2 da seção de metodologia – foram organizados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores dos critérios do método PROMETHEE para os laboratórios

		Laboratórios		
		L1	L2	L3
Planejamento	P1	0,00	0,50	1,00
	P2	0,00	0,00	1,00
Geração	G1	0,40	0,25	1,00
	G2	1,00	0,00	0,00
Segregação	S1	0,00	0,00	1,00
Acondicionamento	A1	0,50	0,00	0,00
	A2	0,00	0,00	0,50
	A3	0,00	0,00	0,50
Tratamento	T1	1,00	0,00	1,00
	T2	0,60	0,00	0,60
Disposição final	D1	0,40	0,40	0,40

Fonte: Autores (2020)

3.4 Preferência entre as alternativas

Por meio dos valores atribuídos aos critérios estabelecidos para a metodologia PROMETHEE II, foi alcançado o resultado descrito na Tabela 2, e as relações

estabelecidas foram de que L3 é preferível em relação a L1 e L2, enquanto L1 é preferível em relação a L2, significando que o Laboratório L3 possui melhores condições de gerenciamento dos resíduos sólidos que L1 e que este é melhor que L2.

Tabela 2 – Índices de preferência e não preferência dos laboratórios

	L1	L2	L3	\emptyset^+
L1	-	3,10	1,50	4,60
L2	0,50	-	0,00	0,50
L3	3,50	4,25	-	7,75
\emptyset^-	4,00	7,35	1,50	

Fonte: Autores (2020)

Uma visão geral sobre os laboratórios analisados mostra que todos possuem situações inadequadas em algum aspecto do gerenciamento dos resíduos sólidos. E por mais que haja ações de geração, segregação, acondicionamento e/ou tratamento na área dos laboratórios, a IES não realiza ações em sua coleta, transportando tudo, conjuntamente para o aterro sanitário da cidade, diminuindo a vida útil deste, prejudicando o mercado de aproveitamento de resíduos e aumentando os impactos associados a extração de matérias primas e energia nos processos produtivos.

Essa situação pode ser explicada porque a gestão de resíduos laboratoriais ainda é uma prática pouco incorporada pelas IES. A dificuldade se encontra atrelada à complexidade do tema envolvido, que abrange conhecimentos específicos sobre tipologias dos resíduos e seus impactos causados pela disposição inadequada, como também pela mudança de comportamento dos envolvidos nesse processo de gerenciamento (BARBOSA; CASAGRANDE JR.; LAHMANN, s/d).

Neste sentido, as universidades por serem centros de desenvolvimento científico-tecnológico devem assumir sua responsabilidade quanto unidade geradora de resíduos, em especial dos resíduos perigosos.

Assim, é necessária a adoção de medidas concretas, juntamente com mudança de atitudes. Nessa perspectiva, a implementação de um programa de gestão de resíduos (PGR) é fundamental. Contudo, vale a pena ressaltar que esta ação requer a colaboração contínua dos envolvidos e segue quatro premissas: (1) O apoio institucional irrestrito ao Programa; (2) Priorizar o lado humano do Programa frente ao tecnológico; (3) Divulgar as metas estipuladas dentro das várias fases do Programa; (4) Reavaliar continuamente os resultados obtidos e as metas estipuladas (JARDIM, 1997; STRACKE; ZAGO; WBATUBA, 2017).

Propostas de implantação de PGR em laboratórios de IES mostrou resultados eficientes nas pesquisas realizadas por Tavares e Bandassolli (2005), Marinho, Bozelli e Esteves (2011) e Stracke, Zago e Wbatuba (2017). A proposta elaborada por Tavares e Bandassolli (2005) e corroborada por Coelho Junior et al. (2018) e Silva et al. (2016) enfatiza que os PGR devem seguir a seguinte ordem: prevenir a geração, seja modificando os processos ou substituindo as

matérias primas; minimizar a geração com a otimização do processo e operação; reaproveitar as substâncias utilizadas em análises físico-químicas; tratar os resíduos de forma química, física, biológica e térmica; e, por fim, dispor de forma adequada em aterros, armazéns ou minas, apresentando-se como uma versão estendida do segundo objetivo da PNRS que é a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (BRASIL, 2010, p. 5).

Stracke, Zago e Wbatuba (2017) reportaram que a adoção de um PGR na região de Missões no Rio Grande do Sul trouxe diversas vantagens, entre elas econômicas, de redução de espaço físico para armazenamento de resíduos, bem como redução do volume de resíduos gerados e de reagentes. Os autores enfatizam que, devido a responsabilidade socioambiental das organizações, o desenvolvimento de gestão de resíduos reverte-se em benefícios para a instituição.

Dentro desse contexto, outra medida fundamental é o instrumento de coleta seletiva estabelecido na PNRS (BRASIL, 2010), que se apresenta como a ação mais básica para alcançar um manejo adequado dos resíduos sólidos. Atrelado a isso, deve-se levar em consideração a inclusão dos catadores de material reciclável no processo, realçando a importância do aspecto social relativo à problemática dos resíduos sólidos, tema discutido nos trabalhos de Gouveia (2012), Lozano (2013) e Oliveira e Santos (2016).

Ademais, Beluque et al. (2015) em um estudo a respeito da percepção da sociedade acadêmica perante a Coleta Seletiva Solidária da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina, concluíram que o maior desafio quanto à efetiva implementação de uma coleta seletiva são ações de conscientização e sensibilização da população (alunos, professores e técnicos administrativos) para a mudança gradativa de comportamento quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos.

Quanto a ordenação alcançada através do método multicriterial o resultado em que o Laboratório L3 foi o que apresentou melhor gerenciamento dos resíduos sólidos, está associado a presença de um planejamento que orienta como deve ser realizado o gerenciamento de resíduos, pois através de um guia – seja um PGR ou um

manual de boas práticas no laboratório – os usuários desenvolvem hábitos adequados quanto ao manejo dos resíduos, viabilizando a sustentabilidade do laboratório (STRACKE; ZAGO; WBATUBA., 2017)

Além disso, o Laboratório L3 possuía práticas de segregação e acondicionamento, principalmente associado aos resíduos recicláveis e os rejeitos, que mesmo sendo dispostos juntos em um aterro sanitário, comprova susceptibilidade do laboratório a implantação de um programa de coleta seletiva.

Em relação ao Laboratório L1, apesar de não possuir ações de planejamento há uma certa preocupação com os resíduos perigosos, realizando ações de substituição de reagentes perigosos em suas análises e acondicionamento – mesmo que inadequado – para esses tipos de resíduos, sendo ordenado como segundo melhor gerenciamento dos resíduos.

E o Laboratório L2 alcançou a última colocação devido à falta de ações de segregação, acondicionamento e tratamento em suas instalações, mesmo possuindo ações de planejamento, indicando que apenas possuir planejamento não resolve os problemas dos resíduos sólidos, deve haver conjuntamente, uma institucionalização deste plano para que seja colocado em prática.

Neste cenário, medidas são necessárias aos laboratórios por intermédio das IES para que a prática de planejar, segregar, acondicionar, tratar e dispor corretamente os resíduos gerados nas atividades desenvolvidas em laboratórios seja instituída, convindo de encontro com o papel e a postura que a academia busca desempenhar junto à sociedade.

4 Conclusões

Este trabalho mostrou que o método multicriterial PROMETHEE II foi capaz de ranquear os laboratórios estudados quanto ao gerenciamento dos resíduos sólidos, contribuindo para provar a versatilidade desse método, mesmo em áreas do conhecimento específicas. Além disso, a metodologia apresentada pode servir como base para que responsáveis por laboratórios de análises físico-químicas e microbiológicas verifiquem o nível do manejo dos resíduos sólidos em seu local de trabalho e invistam sua atenção aos critérios mais fragilizados.

Quanto à condição singular dos laboratórios objetos da pesquisa, o Laboratório L3 apresentou uma melhor ordem de preferência, seguido dos Laboratórios L1 e L2. Esse resultado foi alcançado basicamente pela presença de planejamento, segregação e acondicionamento adequados no Laboratório L3. No entanto, vale a pena ressaltar que nenhum laboratório apresentou resultado satisfatório para todos os critérios adotados, falhando em alguma categoria que compõe o processo de manejo dos resíduos sólidos e conseqüentemente sendo potenciais causadores de impactos negativos na esfera ambiental, social e econômica.

Desta maneira, se indica a necessidade da implementação de um PGR que oriente melhores práticas de manejo dos resíduos nos laboratórios. Contudo, tem que se destacar que o planejamento por si só não é capaz de resolver o problema – assim como no caso do Laboratório L2 –, mas atrelado a um PGR deve ser inserido o apoio irrestrito da IES, treinamento e sensibilização dos participantes, divulgação dos resultados e busca pela melhoria contínua.

5 Evaluation of Solid Waste Management Quality in Physicochemical and Microbiological Laboratories

Abstract: *Hazardous solid waste produced from laboratory is still a topic not widely studied in environmental matters. In view of this reality, this study aimed to analyze the quality of solid waste management in physical-chemical and microbiological laboratories, through a multicriteria approach. Three laboratories from a higher education institution were selected and evaluated on eleven criteria, organized in the categories planning, generation, segregation, packaging, treatment and final disposal, to then be ordered according to the quality of their waste management, using the multicriteria method PROMETHEE. The laboratory that showed the best condition was the one that carried out planning, segregation and packaging of recyclable and rejects. However, in all the laboratories studied, it was verified that not all classes of solid waste had proper handling, corroborating the hypothesis that this practice is not yet part of the routine of these laboratory environments.*

Keywords: Laboratories environment; PROMETHEE methodology; Hazardous solid waste.

6 Referências

ABED-ELMDOUST, A. KERACHIAN, R. Regional hospital solid waste assessment using the evidential reasoning approach. **Science of the Total Environment**, Barcelona, 441, p. 67-76, 2012.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especial. **Panorama 2017: Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil 2017**. São Paulo, 2018, 74p.

ADENIRAN, A. E.; NUBI, A. T.; ADELOPO, A. O. Solid waste generation and characterization in the University of Lagos for a sustainable waste management. **Waste Management**, v. 67, p. 3–10, 2017.

ARCIDIACONO, S. G.; CORRENTE, S.; GRECO, S. GAIA-SMAA-PROMETHEE for a hierarchy of interacting criteria. **European Journal of Operational Research**, Poznan, 270, 2018.

ARIKAN, E.; SIMSIT-KALENDER, Z. T.; VAYVAY, O. Solid waste disposal methodology selection using multi-criteria decision making methods and an application in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, Brno, 142, p. 403-412, 2017.

BARBOSA, V. M.; CASAGRANDE JR. E. F.; LAHMANN, G. **O programa de gerenciamento de resíduos na UTFPR - Campus Curitiba e a contribuição de trabalhos acadêmicos do DAQBI**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Gabriele_Lohmann3/publication/277846345_O_PROGRAMA_DE_GERENCIAMENTO_DE_RES/links/5967a84ca6fdcc18ea662b3a/O-PROGRAMA-DE-GERENCIAMENTO-DE-RES.pdf. Acesso em: 05 set. 2019.

BELUQUE, A.; BOSCO, T. C. D.; PRATES, K. V. M. C.; BANFANTE, M. C.; SUDO, C. H. Percepções sobre a coleta seletiva solidária na UTFPR Câmpus Londrina. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, Diadema, v. 10, n. 1, p. 146-163, 2015.

BOUJELBEN, M. A. A unicriterion analysis based on the PROMETHEE principles for multicriteria ordered clustering. **Omega**, Philadelphia, 69, p. 126-140, 2017.

BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organisation method. **Management Science**, Catonsville, v. 31, n. 6, 1985.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília: Diário Oficial da União, 2010.

BRUNNER, P. H.; RECHBERGER, H. Waste to energy – key element for sustainable waste management. **Waste Management**, v. 37, p. 3–12, 2015.

CALDEERS, T.; VAN ASSCHE, D. PROMETHEE is not quadratic: An $O(qn \log(n))$ algorithm. **Omega**, Philadelphia, 76, p. 63-69, 2018.

CARVALHO, J. R. M.; ARAÚJO CARVALHO, E. K. M.; CURI, W. F. Avaliação da sustentabilidade ambiental de municípios Paraibanos: uma aplicação utilizando o método promethee II. **Gestão & Regionalidade**, São Caetano do Sul, v. 27, n. 80, p. 71-84, 2011.

COELHO JÚNIOR, A. R.; GONÇALVES, B. B.; SALOMÃO, P. E. A.; COSTA JÚNIOR, H.; SILVA, I. G. Importância do gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 7, n. 10, p. 1-17, 2018.

GERBASE, A. E.; COELHO, F. S.; MACHADO, P. F. L.; FERREIRA, V. F. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 3, 2005.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1503–1510, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. 2008. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1921#resultado>>. Acesso em: 27 fev. 2021.

JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1997.

KALBAR, P. P.; KARMAKAR, S.; ASOLEKAR, S. R. Technology assessment for wastewater treatment using multiple-attribute decision-making. **Technology in Society**, Malibu, 34, p. 295-302, 2012.

KAPEPULA, K.; COLSON, G.; SABRI, K. THONART, P. A multiple criteria analysis for household solid waste management in the urban community of Dakar. **Waste Management**, Raleigh, 27, p. 1690-1705, 2007.

KARMPERIS, A. C.; ARAVOSSIS, K.; TATIOPOULOS, I. P.; SOTIRCHOS, A. Decision support models for solid waste management: Review and game-theoretic approaches. **Waste Management**, Raleigh, 33, p. 1290-1301, 2013.

LOPES, W. S.; RODRIGUES, A. C. L.; FEITOSA, P. H. C.; COURA, M. A.; OLIVEIRA, R.; BARBOSA, D. L. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2016.

- LOZANO, D. L. A. El aprovechamiento de residuos solidos y su incidencia cultural, social y ambiental en Tunja. **Ingenio Magno**, Tunja, v. 1(1), p. 1-9, 2013.
- MARINHO, C. C.; BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. de A. Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: a experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. **Eclética Química**, Araraquara, v. 36, n. 2, p. 85-104, 2011.
- NASSEREDDINE, M.; AZAR, A.; RAJABZADEH, A.; AFSAR, A. Decision making application om collaborative emergency response: A new PROMETHEE preference function. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, London, 38, 2019.
- OLIVEIRA, G. K. L. P.; SANTOS, N. TECNOLOGIAS SOCIAIS APLICADAS A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO CAMPO. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, Brasília, v. 2, n.1, p. 205-220, 2016.
- PEIXOTO, C. S. B. S.; FILHO, R. A. M.; MORAIS, I. C. M.; VIEIRA, L. G. H. S.; SOUZA, M. E. J. PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS: ESTUDO DE CASO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR. **Revista GUAL**, Santa Catarina, v. 12, n. 2, p. 230–252, 2019.
- PMCG. Prefeitura Municipal de Campina Grande. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Campina Grande**. Campina Grande: PMCG, 2014.
- SARRAZIN, R.; SMET, Y.; ROSENFELD, J. An extension of PROMETHEE to interval clustering. **Omega**, Philadelphia, 80, p. 12-21, 2018.
- SILVA, C. B.; RODRIGUES, I. P. B.; DAMIATI, S. L. PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR. *In*: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e Encontro de Iniciação à Docência, 20., 16., 6., 2016, São José dos Campos. **Anais [...]**. São José dos Campos: UNIVAP, 2016.
- SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. **Manual de análises físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias**. Campina Grande: Autores, 2001.
- SIMONETTO, E. O.; BORENSTEIN, D. A decision support system for the operational planning of solid waste collection. **Waste Management**, Raleigh, 27, p. 1286-1297, 2007.
- STRACKE, M. P.; ZAGO, M.; WBATUBA, B. B. R. Proposta de sistema de gestão de resíduos e efluentes gerados nos laboratórios de uma universidade da região das Missões, Rio Grande do Sul. **Revista Gesto**, Santo Ângelo, v. 5, n. 3, p. 75-86, 2017.
- TAVARES, G. A.; BANDASSOLLI, J. A. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa no CENA/USP. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.
- VEGO, G.; KUCAR-DRAGICEVIC, S.; KOPRIVANAC, N. Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia. **Waste Management**, Raleigh, 28, p. 2192-2201, 2008.
- VUCIJAK, B.; KURTAGIC, S. M.; SILAJDZIC, I. Multicriteria decision making in selecting best solid waste management scenario: a municipal case study from Bosnia and Herzegovina. **Journal of Cleaner Production**, Brno, 130, p. 166-174, 2016.

7 Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) que possibilitou a elaboração deste trabalho através do financiamento de bolsas no nosso programa de pós-graduação.