

PROPOSTA DE SISTEMA DE GESTÃO DE RESÍDUOS E EFLUENTES GERADOS NOS LABORATÓRIOS DE UMA UNIVERSIDADE DA REGIÃO DAS MISSÕES, RIO GRANDE DO SUL

PROPOSED MANAGEMENT SYSTEM OF WASTE AND EFFLUENTS GENERATE IN THE LABORATORIES OF A UNIVERSITY OF THE MISSION REGION, RIO GRANDE DO SUL

Marcelo Paulo Stracke

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, RS, Brasil, stracke@san.uri.br

Maikow Zago

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, RS, Brasil, maikowzago@hotmail.com

Berenice Beatriz Rossner Wbatuba

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI, RS, Brasil, bwbatuba@san.uri.br

Recebido em: 14/11/2017

Aceito em: 25/01/2018

Resumo

A sustentabilidade tem demandado às mais diversas organizações a adoção de um novo estilo de gestão com seus públicos de interesse, que combine a prática e a divulgação da eficiência econômica e da responsabilidade social e ambiental, afim de que sejam percebidas como legítimas perante a sociedade. Não obstante esta realidade, as instituições de ensino ainda não incorporaram satisfatoriamente essas novas práticas. Neste sentido, o objetivo do estudo é propor um sistema de gestão de resíduos e efluentes para uma universidade da região das missões no Rio Grande do Sul, considerando os resíduos gerados nos laboratórios da área da saúde, bem como os custos envolvidos no tratamento dos mesmos. A metodologia empregada se caracteriza como qualitativa, quanto a abordagem; exploratória, descritiva e explicativa, quanto aos objetivos; e bibliográfica e de campo, quanto aos meios. Os resultados verificados com o sistema de gestão proposto, apontam claramente vantagens de ordem econômica, de redução de espaço físico para armazenamento de resíduos e efluentes, e de redução de concentrações e volumes de soluções e reagentes; além da conscientização de docentes e discentes, acerca da importância do gerenciamento de resíduos e efluentes gerados nos laboratórios em decorrência de aulas práticas, trabalhos de graduação e projetos de pesquisa.

Palavras-chaves: Responsabilidade socioambiental. Gerenciamento. Resíduos. Efluentes

Abstract

Sustainability has required the most diverse organizations to adopt a new style of management with their stakeholders, which combines the practice and dissemination of economic efficiency and social and environmental responsibility, so that they are perceived as legitimate before society. Notwithstanding this reality, educational institutions have not yet satisfactorily incorporated these new practices. In this sense, the objective of the study is to propose a waste and effluent management system for a university in the missions region of Rio Grande do Sul, considering waste generated in health laboratories, as well as the costs involved in their treatment. The methodology used is characterized as qualitative, as regards the approach; exploratory, descriptive and explanatory, regarding the objectives; and bibliographical and field, as to the means. The results verified with the proposed management system clearly show economic advantages, reduction of physical space for the storage of waste and effluents, and reduction of concentrations and volumes of solutions and reagents; besides the awareness of teachers and students, about the importance of waste and effluent management generated in laboratories due to practical classes, graduation work and research projects.

Keywords: Social and environmental responsibility. Management. Waste. Effluents.

1 Introdução

Em 2004, o Ministério da Saúde, através da Resolução RDC N° 306 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004), normatizou o plano de gestão de resíduos para prestadores de serviços na área da saúde. Entre os locais abrangidos há postos de saúde, hospitais, laboratórios de análises clínicas e também laboratórios de ensino de enfermagem, biologia e farmácia.

Muitas instituições estão desenvolvendo programas de gerenciamento de resíduos em centrais laboratoriais de química ou que manuseiem produtos químicos, formando equipes treinadas para realizar a gestão. No Rio Grande do Sul, a UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) possui destaque neste tipo de atividade, realizando a gestão de substâncias laboratoriais em atividades na área há cerca de duas décadas (OLIVEIRA, 2002).

Há estudos que apresentam métodos para auxiliar na redução de volumes e reaproveitar substâncias paralelamente ao processo de gestão de resíduos e efluentes como, por exemplo, a reutilização de solventes como etanol, fenol, acetona, hexano, acetonitrila e sulfetos (TAVARES e BENDASSOLLI, 2005).

Alguns conceitos básicos na gestão de resíduos e efluentes são importantes, como os “3 Rs”: Reduzir, Reutilizar e Reciclar. Reduzir implica em economizar onde for possível, como no preparo de uma solução de volume maior do que será utilizado; reutilizar, em tentar reaproveitar de alguma forma, possivelmente em outra função, sem agredir o meio ambiente; e reciclar, em adotar, no caso de não poder utilizar dos dois primeiros Rs, havendo assim a possibilidade de reciclagem de materiais ou resíduos gerados em laboratórios.

O artigo inicia pela apresentação da problemática e objetivo do estudo e pela revisão bibliográfica do tema. Após é apresentada a metodologia utilizada, com a classificação da pesquisa e os procedimentos utilizados para a coleta e análise dos dados. Na sequência, trata da análise dos resultados da pesquisa, contemplando a apresentação dos dados estatísticos, comparativos de custos, enquadramento dos laboratórios e interferências na estrutura física. Por último, são emitidas as considerações finais e as referências bibliográficas utilizadas.

2 Problemática e objetivos

De um modo geral, existe certa tendência a se julgar como causadoras de impactos ambientais apenas as atividades que produzem grande quantidade de resíduos ou efluentes (JARDIM, 1993). Erroneamente, geradores de menor quantidade de resíduos e efluentes são considerados não impactantes pelos órgãos de monitoramento ambiental, pois há uma grande variedade de substâncias geradas em algumas unidades.

Entretanto, o meio ambiente é um elemento essencial para a vida, devendo ser tratado como um tema transversal de responsabilidade social e ambiental nas organizações, porque envolve, além do próprio meio (visão ecológica), todas as realizações deste com o homem, seja por meio do processo de educação ambiental, de descartabilidade de recursos, de prevenção e de recuperação de impactos, ou decorrente da própria existência humana e suas relações com o meio ambiente (BRAGA, 2009, p. 1).

Destaca-se ainda que um sistema de gestão de resíduos e efluentes é um dos componentes de um plano de segurança de trabalho em laboratórios, visando à redução de riscos de acidentes com pessoas, assim como danos ao meio ambiente.

Considerando que os vinte e quatro (24) laboratórios da área da saúde da universidade pesquisada (Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI - Campus

de Santo Ângelo), dispostos nos prédios 13,16 e 17, comportam as aulas práticas dos cursos de Farmácia, Química, Engenharias, Biologia, Enfermagem e aulas de ensino médio da Escola da URI, além de projetos de pesquisa e trabalhos de graduação, o adequado gerenciamento dos resíduos gerados nestes locais é de fundamental importância.

Diante do exposto, este trabalho objetiva propor um sistema de gerenciamento de resíduos e efluentes gerados nos laboratórios da área da saúde-prédios 13, 16 e 17- da URI Campus de Santo Ângelo, que contemple o levantamento de todos os resíduos e efluentes gerados e a disposição final destes (seja por meio de tratamento interno ou gestão terceirizada), além do levantamento dos custos envolvidos no tratamento dos mesmos.

3 Revisão bibliográfica

Historicamente, as instituições de ensino carregam como aliadas em seus cursos, principalmente nas áreas de física, farmácia, biologia e química, estruturas próprias para a realização de aulas práticas, de forma a simular as situações em que os então alunos, e futuros profissionais, exercerão suas atividades. Estes espaços físicos, conhecidos como laboratórios, são utilizados por estes e por outros cursos, sendo equipados adequada e especificamente, dependendo de suas características e das aulas a serem ministradas, além de possuir também equipamentos obrigatórios de segurança, podendo ser EPI's (Equipamento de Proteção Individual) ou EPC's (Equipamento de Proteção Coletiva). Com a utilização dos laboratórios para os mais diversos tipos de práticas realizadas, há a geração de uma grande variedade de carga residual (CR), constituída por compostos orgânicos como solventes clorados ou não, fármacos e material biológico, como por substâncias inorgânicas, principalmente sais de metais, ácidos e bases de halogênios e de metais alcalinos, respectivamente (URI - SETOR DE LABORATÓRIOS DA SAÚDE, 2015). Nenhum destes compostos deve ser descartado de forma comum, ou seja, nas pias dos laboratórios, no solo ou em corpos d'água e no lixo comum.

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE, 2014), foram gerados aproximadamente 2,9 milhões de toneladas de resíduos industriais perigosos no ano de 2004, dos quais apenas 22% são tratados de forma adequada. Este valor total teve uma redução, por exemplo, no ano de 2010, quando chegou a dois milhões de toneladas. Em instituições de ensino, como escolas, universidades e institutos de pesquisa, há aproximadamente 30 anos, era gerado em torno de 1% do total de resíduos perigosos produzidos em um país desenvolvido (ASHBROOK e REINHARDT, 1985), o que mostra o grande volume resultante nesses locais, uma vez que países desenvolvidos possuem grande produção industrial, aumentando a representatividade da porcentagem de resíduos nas instituições de ensino.

Assim como em outras áreas do comércio, da indústria ou mesmo no cotidiano social, há esforços para empregar o conceito de sustentabilidade na área do ensino, principalmente quando se trata de laboratórios de aulas práticas ou pesquisas, uma vez que são fontes geradoras de grande variedade de resíduos (NOLASCO, 2006). Introduzido a partir das análises da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, publicado no Relatório *Brundtland*, o conceito de desenvolvimento sustentável largamente difundido é “aquilo que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades” (NAÇÕES UNIDAS, 1987).

Embora, ainda nos dias de hoje, uma pequena parte das instituições de ensino possuam um sistema de gerenciamento de resíduos para as práticas realizadas em laboratórios, houve um avanço, principalmente nas duas últimas décadas, no sentido de abordar a questão da geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, como passível de contaminação de diferentes recursos naturais, como a atmosfera, o solo e as águas (MOZETO, 2002).

A disposição dos resíduos por vezes é feita no sistema de coleta de esgoto, sendo comum o despejo de substâncias nas pias que deveriam ser utilizadas apenas para a lavagem de vidrarias. A principal forma de reduzir os impactos e a geração de resíduos, assim como implantar um sistema de gestão eficiente para monitorar os mesmos é a conscientização de professores, funcionários e alunos. Deve haver um planejamento desde a fonte geradora até o devido armazenamento e posterior tratamento (ALBERGUINI, 2003) – o processo como um todo deve passar por todas as pessoas envolvidas na execução das atividades de laboratório.

A responsabilidade sobre as cargas residuais, desde a geração até sua disposição final, é da fonte geradora (DECRETO LEI 239, 1997). Daí a importância da realização de um sistema de gestão de resíduos na própria instituição geradora, mesmo que não haja a redução ou neutralização de 100% da carga residual (CR), no âmbito interno. Estudos como o de Sales et al. (2006) mostram uma redução de 20% dos resíduos gerados, incentivando este tipo de prática, pois um dos principais benefícios é a inclusão dos alunos na conscientização quanto à responsabilidade criada ao se gerar tais resíduos. Segundo estes mesmos autores, aproximadamente 55% dos estudantes do primeiro ao terceiro ano da graduação em química em uma universidade da cidade do Porto (Portugal), não têm ideia do volume de resíduos gerados em aulas práticas, tampouco do que fazer com este passivo após armazenamento primário, ou seja, logo após a aula, antes de tratamento ou mesmo cadastro no sistema de gestão adotado, por exemplo.

Os resíduos gerados em laboratórios podem ser divididos em ativos e passivos (TAVARES e BENDASSOLLI, 2005), sendo os ativos, as substâncias no momento da geração de rotina; e os passivos, os resíduos armazenados pós-atividade. Um dos fatores determinantes do sucesso da implantação de um sistema de gestão de resíduos é a participação do maior número de pessoas envolvidas, seja na prática ou pela colaboração consciente na estocagem dos resíduos e seu não descarte de forma inadequada. A Resolução 430 (CONAMA, 2011) norteadora da implantação de sistemas de gestão de resíduos para o caso de despejo de efluentes em corpos d'água, apoia-se em aspectos importantes para a gestão, como a minimização da quantidade gerada; as concentrações de substâncias tóxicas; o conhecimento dos resíduos gerados; e a realização do inventário de ativo e passivo, para manter o controle base da gestão e a responsabilidade sobre o resíduo gerado, o qual deve ser planejado, identificado e armazenado adequadamente (FIGUEIREDO, 1994).

A constituição química dos resíduos gerados varia de acordo com a área de atuação de cada laboratório. Porém, na maioria das vezes, não há alteração significativa que requeira a readaptação do local onde se realiza o gerenciamento dos resíduos. Na Tabela 1, são mostrados valores de inventário de passivos do LTR-CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), da Universidade de São Paulo, armazenados desde o ano de 1975 até 2005 e com procedência conhecida. Neste levantamento, quando não identificados, os resíduos são listados de acordo com acidez e basicidade, predominando 71% de compostos ácidos e 29% de compostos alcalinos.

Tabela 1: Classes e quantidade de frascos de passivos levantados no LTR-CENA, na USP, no período de 1975 a 2005

Classe da substância	Quantidade Inventariada (número de frascos individuais)
Redutores	283
Halogênios	206
Líquidos inflamáveis	159

Fonte: Adaptado de LTR-CENA, USP (2015).

Em recente trabalho Teixeira (2011) adota algumas metodologias para determinar prioridades na questão da gestão/tempo de ação em relação aos impactos gerados por diferentes

laboratórios, considerando suas cargas residuais formadas ao longo do tempo. Para a definição do índice de prioridade, é utilizada a equação $(IP) = 3G + 2U + T$, onde IP é o índice de prioridade, G é a gravidade, U é a urgência e T a tendência, com a divisão dos resultados obtidos em três faixas para a denotação da eficiência na gestão de seus resíduos. A Tabela 2 mostra os critérios e a pontuação utilizada pelo referido autor e as faixas são mostradas na Figura 1.

A gestão dos resíduos laboratoriais segue alguns passos padrões, como a conscientização dos envolvidos, a definição de estratégias para levantamento de dados, a definição de pontos críticos e as prioridades e o controle de dados de gestão. Nesses passos, é importante frisar que há uma gama de ações de mesma importância, como a escolha de frascos adequados e local para armazenagem, etiquetas padronizadas e preenchidas legivelmente; e tratamento, conforme o caso, realizado por pessoal capacitado. Não é necessariamente fácil implantar os sistemas de gestão de resíduos propriamente ditos nas Instituições de Ensino (BERTOLO et al., 2012), pois há de se realizar esforços para que todos os passos sejam seguidos, uma vez que não há uma metodologia única para tratamento e, principalmente, que os passos adotados devem ser mantidos após a implantação da gestão.

Tabela 2: Metodologia adotada por Teixeira (2011) para definir as prioridades na gestão de resíduos gerados individualmente em laboratórios institucionais

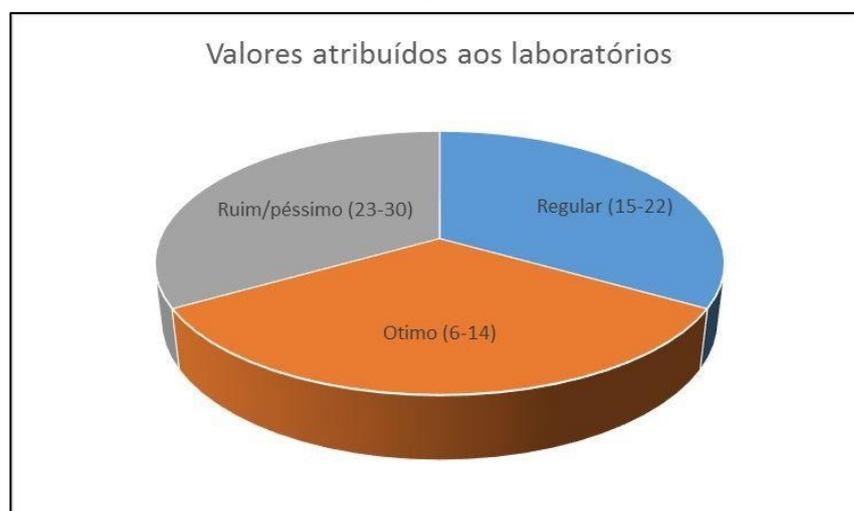
VARIÁVEL	CRITÉRIO	PONTUAÇÃO
Gravidade (G)	Nenhum resíduo tóxico gerado	1
	Massa e periculosidade baixas	2
	Massa alta e periculosidade baixa	3
	Massa baixa e periculosidade alta	4
	Massa e periculosidade altas	5
Urgência (U)	Segrega, acondiciona, quantifica, rotula, armazena, trata ou recupera e destina corretamente	1
	Segrega, acondiciona, quantifica	2
	Acondiciona e armazena	3
	Armazena somente	4
	Joga na pia ou no lixo comum	5
Tendência (T)	Não gera resíduos	1
	Gera em longo prazo (2 meses ou mais)	2
	Gera em médio prazo (1 mês)	3
	Gera em pouco tempo (1 semana)	4
	Gera diariamente	5

Fonte: Teixeira (2011).

Como exemplo de implantação de um sistema de gestão de resíduos e efluentes laboratoriais, destaca-se no Rio Grande do Sul a Universidade Federal do Rio Grande do Sul através do curso de Farmácia. A implantação do Programa de Gerenciamento de Resíduos prevê um melhor acondicionamento e disposição final dos resíduos e efluentes, assim como o treinamento e a conscientização dos envolvidos no processo como um todo, e o gerenciamento de recursos humanos no que se refere a acidentes e incidentes durante a gestão dos mesmos.

Durante o processo de separação de componentes de uma mistura em duas ou mais fases líquidas por destilação, pode-se encontrar dois ou mais pontos de ebulição com valores próximos, tendo assim o que se denomina de azeotropia. Por exemplo, a mistura álcool/água é um azeótropo que após a destilação resulta em proporção 9,6: 0,4 respectivamente, com ponto de ebulição de 78,2°C. Por vezes, é utilizado outro componente para a separação destas substâncias (FOUST et al., 2011).

Figura 1: Faixas de valores atribuídos aos laboratórios conforme pontuação relativa à gestão de resíduos



Fonte: Elaborada pelos autores com dados da pesquisa.

4 Metodologia

O estudo se enquadra, quanto aos objetivos, como exploratório, pois pretende atingir uma área na qual há pouco conhecimento acumulado; descritivo, porque descreve as medidas adotadas para o gerenciamento de resíduos e efluentes laboratoriais e os resultados encontrados; e explicativa, porque explica os procedimentos adotados para o correto gerenciamento dos resíduos e efluentes gerados nos laboratórios da saúde da universidade; quanto à abordagem, como qualitativa; e quanto aos meios, como bibliográfico e de campo (VERGARA, 2015).

Os dados necessários para definir o sistema de gestão dos resíduos e efluentes laboratoriais foram coletados por meio de documentos, normas e rotinas existentes nos laboratórios em análise, frascos de resíduos e efluentes, análise dos equipamentos utilizados nos processos químicos e análise dos produtos para tratamento dos resíduos, além do consumo de energia e custos com mão de obra.

Os sujeitos da pesquisa são os laboratoristas, os docentes e os discentes usuários dos referidos laboratórios e geradores de resíduos e efluentes.

A metodologia para a gestão e tratamento de resíduos e efluentes originados em laboratórios de ensino e/ou pesquisa é um tanto difícil de propor de forma uniforme, pois trata de uma grande variedade de substâncias, por vezes misturadas, em diversas formas físico-químicas e com toxicidades diferentes. Entretanto, estipularam-se alguns passos básicos uniformes, adotando nos seus desenvolvimentos procedimentos singulares para cada caso, cada frasco, etc.

Primeiramente, foi trabalhada a conscientização dos alunos, professores e funcionários envolvidos, por meio de reuniões e orientações presenciais sobre a forma correta de armazenar os resíduos gerados em suas atividades. Para melhor acompanhamento, foi elaborada uma ficha com dados a serem preenchidos pelos laboratórios, contendo campos para anotações da composição dos resíduos, da quantidade, da data de armazenamento e do nome do laboratório. Também, foi desenvolvido um rótulo padrão para os frascos de resíduos. Na sequência, os resíduos foram entregues ao Laboratório de Gestão e Tratamento de Resíduos (LAGRE), desenvolvido exclusivamente para esta finalidade.

No LAGRE, os frascos de resíduos e efluentes foram devidamente armazenados em balcões de madeira MDF usados exclusivamente para isso. Os frascos são do tipo âmbar de volumes variáveis, comumente de 100, 150, 250, 500 e 1000 ml. Estes dados foram computados em planilha eletrônica desenvolvida e atualizada em tempo real, registrando ocorrências envolvendo os resíduos, seja evaporação, destilação ou somente armazenamento.

Resíduos de substâncias contendo sais inorgânicos, fármacos e outros sólidos, tanto suspensos quanto dissolvidos, passaram por processo de purificação, quando em presença de apenas um componente, e por evaporação do solvente, quando em soluções aquosas. Para isto, foi usada uma chapa de aquecimento a uma temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 15$ e capela de exaustão. Temperaturas maiores no processo de evaporação podem ocasionar o respingo do resíduo para fora do béquer, causando transtornos e interrompendo o processo por tempo considerável.

Quando o resíduo em questão possuía algum tipo de solvente orgânico, o processo adotado foi a destilação simples, com balão de boca esmerilhada, manta de aquecimento, tubos conectores e condensador, visando à separação do(s) solvente(s). Para melhor purificação poderia ser utilizada a destilação fracionada, porém devido às exigências de pós-uso das substâncias não seria necessário maior investimento de tempo, uma vez que a destilação fracionada é um processo mais lento, face à presença da coluna fracionada.

Na proposta do sistema foi aproveitada uma metodologia desenvolvida, no ano de 2009, nos laboratórios da saúde da URI Santo Ângelo para a neutralização e descarte do formaldeído, cuja conversão do formol a hexametilenotetramina segue a reação



Este procedimento é vantajoso dependendo da quantidade de formol a ser tratado, pois a proporção de reagente fonte de amônia no processo é de 21 ml de hidróxido de amônio para cada 100 mL de formol, podendo assim gerar um custo excessivo. Este processo é composto por um sistema de funil de adição, balão de boca esmerilhada e chapa de aquecimento.

Neste procedimento são gerados apenas água e hexametilenotetramina, que não possuem risco potencial ao meio ambiente, dada sua utilização como fertilizante, na curtição de couro e drogas e no auxílio de função renal. Portanto, após esta etapa, a carga restante pode ser dispensada na pia.

Alguns produtos do tratamento de resíduos, no entanto, resultam em sólidos secos, como no caso de soluções salinas inorgânicas, por exemplo. Após a evaporação de toda a água do meio, é realizada a secagem em estufa, com temperatura mais branda para não afetar as propriedades das substâncias; e, por último, é testado o ponto de fusão para relacionar com a literatura e estimar o grau de pureza dos compostos.

5 Análise dos resultados

5.1 Dados estatísticos

O LAGRE recebeu uma carga residual total de 35,471 l no período de março/junho de 2015. É notória a diminuição de carga residual no processo, atingindo 90,13% de redução de volume. A porcentagem de recuperação de substâncias é considerada boa, chegando a 78,18%, restando 21,81% não reaproveitáveis. A carga residual restante, com o modelo de gestão, foi de 3,501 Kg. Assim, a carga final é resultante da evaporação dos resíduos iniciais; as cargas residuais são os resíduos saídos dos laboratórios; e a carga pós-gestão, o pós-evaporação.

Em relação ao funcionamento dos equipamentos, houve um total de 152,8 horas de atividade, entre manta de aquecimento, chapa de aquecimento e capela de exaustão.

A destilação do etanol para sua separação de corantes foi o principal fator para um alto valor de redução e reaproveitamento de substâncias, uma vez que ele é quase que totalmente recuperado e pode ser reutilizado, por exemplo, na limpeza de vidrarias, como álcool diluído a 70%, além de ser um efluente comum em laboratórios e, portanto, possuir maiores quantidades em relação a outros resíduos.

Os pontos de fusão das substâncias purificadas mantiveram-se dentro de uma faixa aceitável comparativamente com a literatura, mantendo-se dentro de um limite de 10% de variação máxima. Esta faixa não interfere no uso das substâncias para aulas práticas, porém, não podem ser utilizadas em pesquisas devido a um certo grau de impureza.

5.2 Dados comparativos de custos

O funcionamento total dos equipamentos resultou em um tempo de 152,8 horas. Considerando que cada equipamento possui uma potência diferente, pode ser calculado o custo total com energia elétrica de todo o processo de gestão. A Tabela 3 mostra a potência de cada equipamento usado, assim como o valor final (em reais) relativo ao tempo de funcionamento e à potência.

Tabela 3: Valores de potência e custo com energia dos equipamentos usados na gestão e tratamento dos resíduos e efluentes

Equipamento	Potência (Watts)	Tempo de funcionamento (horas)	Custo mensal (reais)
Chapa de aquecimento	1600	67,75	17,92
Capela de exaustão	120	67,75	1,34
Manta de aquecimento	330	4,5	0,25
Mão de obra	-	-	788,00

Fonte: Elaborada pelos autores com dados da pesquisa.

Considerando 4 meses de funcionamento, de março a junho, tem-se uma média mensal de $0,56 \text{ horas.d}^{-1}$ de funcionamento para a capela de exaustão e chapa de aquecimento; e de $0,0375 \text{ horas.d}^{-1}$, para a manta de aquecimento. Para o item “número de dias por mês”, foi considerado o uso diário, uma vez que o objetivo do laboratório é o trabalho contínuo, ou seja, 20 dias por mês.

Por último, tem-se o custo mensal dos equipamentos, que é a soma dos custos da Tabela 3, resultando em R\$ 19,51. Considerando 4 meses de trabalho, o gasto total com energia elétrica, em todo o processo de gestão proposto, é de R\$78,00. Adicionando o valor com a mão de obra, considerando o custo do funcionário para operar o sistema, estimado num salário base, de R\$ 788,00 mensais, chega-se a R\$ 866,00/mês.

No tratamento de resíduos e efluentes realizado por terceiros, o valor cobrado pelo litro de resíduo é de R\$ 2,50 (URI - SETOR DE LABORATÓRIOS DA SAÚDE, 2015). Se o mesmo tratamento fosse terceirizado, o custo final seria dado pelo produto da carga recebida pelo LAGRE com o valor cobrado. Ter-se-ia, então, R\$ 2,50 x 35,47 L, resultando em R\$ 88,67. Este custo, com a gestão interna prévia, é reduzido para R\$ 8,75, uma vez que somente 3,501 Kg serão tratados.

O valor agregado estimado com substâncias recuperadas, também é considerado neste trabalho. As substâncias em questão são o acetato de sódio (0,097 Kg); o dicromato de potássio (0,0033 Kg); o tiosulfato de sódio (0,014 Kg); o cloreto de bário (0,014 Kg); e o álcool etílico (3,5 L). O valor agregado estimado total destes compostos é de R\$ 56,15.

Poderia, também, ter sido levado em consideração o custo com operador, no sentido de manter um trabalhador exclusivo para realizar as tarefas do LAGRE. Neste caso, ter-se-ia um acréscimo considerável no custo em geral, sendo aproximadamente R\$ 1.000,00/40h.s⁻¹. No entanto, não é necessária esta carga horária de trabalho para cumprir as funções do LAGRE, uma vez que o laboratório já foi desenvolvido com autonomia de tratamento de resíduos praticamente em tempo real, não havendo grande acúmulo atualmente das cargas residuais, como acontecia antes da implantação da gestão interna.

5.3 Enquadramentos dos laboratórios

A equação utilizada para o enquadramento é

$$((IP) = 3G + 2U + T)$$

Onde IP = Índice de prioridade; G = Gravidade; U = Urgência; e T = Tendência.

Esta equação é aplicada para cada laboratório, conforme a composição e a quantidade, assim como a frequência de geração de resíduos, utilizando a escala mostrada na Figura 1, para o enquadramento pelas notas individuais finais dos laboratórios (Tabela 4).

Tabela 4: Enquadramento final dos laboratórios segundo qualidade na gestão dos resíduos gerados

Laboratório	Pontuação final dada pela equação (IP) = 3G + 2U + T	Enquadramento (ruim/péssimo, regular ou ótimo)
Tecnologia Farmacêutica	20	Regular
Zoologia	10	Ótimo
Microbiologia	22	Regular
Bioquímica	22	Regular
Química	14	Ótimo
Toxicologia	16	Regular

Fonte: Elaborada pelos autores com dados da pesquisa.

É inviável realizar um comparativo de enquadramento com a metodologia anterior à gestão interna, devido à impossibilidade de rastrear a origem dos resíduos para saber em qual laboratório foram gerados. Dessa forma, pode-se apenas mencionar que os resíduos eram armazenados, porém, muitos não possuíam identificação, ou tinham algum tipo de falha, como escrita ilegível, falta de informações, rótulos precários ou frascos inadequados, muitas vezes sem tampas. A partir disto, deduz-se que as pontuações de enquadramento da maioria dos laboratórios apresentariam diferenças significativas, visto que em nenhum deles era realizada uma gestão de resíduos.

5.4 Interferências na estrutura física

A redução de espaço necessário para o armazenamento dos resíduos e efluentes foi bastante considerável. Anteriormente à implantação de um sistema de gestão interno, a instituição utilizava uma sala com 8 m², contendo cinco estantes de madeira, cada uma com seis prateleiras. Após a gestão interna, o espaço necessário passou a ser de seis portas do balcão do LAGRE, em uma área de aproximadamente 1,5 m², pois os resíduos, com o sistema de gestão, foram armazenados em pequenos frascos de coleta de plástico (Figura 2).

Figura 2: Comparativo do armazenamento dos resíduos antes e depois da implantação do sistema de gestão



Fonte: URI - SETOR DE LABORATÓRIOS DA SAÚDE (2015).

O melhoramento na estrutura física do LAGRE depende do aprimoramento dos processos de tratamento, bem como da possibilidade da sua expansão, suportando mais equipamentos e reduzindo o tempo necessário para gerir a mesma quantidade de resíduos. Contudo, esta é uma situação nova a ser avaliada principalmente quanto ao aumento no consumo de energia, decorrente da disposição de mais equipamentos funcionando.

6 Conclusões e considerações finais

A importância da conscientização de utilizar menores quantidades e concentrações de soluções e reagentes nas aulas práticas ficou evidente, assim como a substituição de reagentes potencialmente tóxicos por outros, com menor toxicidade. Isto ficou bem claro pelo fato de que a simples substituição de reagentes tóxicos pode mudar a situação no enquadramento de cada laboratório, através das pontuações.

Outro fator importante observado foi a não ocorrência de descarte inadequado de resíduos e efluentes por parte dos laboratórios em estudo; os quais passariam a ser, no mínimo, armazenados e identificados para posterior decisão. Isto implicou em um bom resultado do sistema de gestão proposto, pois nenhum laboratório foi enquadrado como ruim ou péssimo.

A economia com o tratamento interno também pode ser observada, mesmo que não tão expressivamente quanto se esperava, pelo fato de que não houve necessidade de transporte de grande quantidade de resíduos e efluentes por empresas terceirizadas, o que sempre gera riscos para ambos os lados, seja gerador ou gestor.

Por último, cabe destacar que se constatou no estudo empírico realizado, que a responsabilidade socioambiental inerente a todo tipo de organização e que a gestão de resíduos e efluentes são práticas que, se bem desenvolvidas, revertem em muitos benefícios para a instituição. Por essa razão, recomenda-se a continuidade do estudo em outros laboratórios da universidade, como também em outras instituições parceiras.

Referências

ABETRE. **Associação brasileira de empresas de tratamento de efluentes**. Disponível em <http://www.abetre.org.br/noticia_completa.asp?NOT_COD=373>, acessada em Outubro 2014.

ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O. O. Laboratório de resíduos químicos do campus USP - São Carlos - resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.

ASHBROOK, P. C.; REINHARDT, P. A. **Environ. Sci. Technol.** 19, 1150, 1985.

BERTOLO et al.. **A educação ambiental na gestão de resíduos dos laboratórios da FEPAGRO/SEDE** (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária). v.5, n.5, p. 1137-1144, 2012.

BRAGA, C. **Contabilidade ambiental: ferramenta para a gestão da sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRONOMIA (CENA) – USP. Laboratório de Tratamento de Resíduos (LTR). **Tratamento de resíduos**. Disponível em <<http://www.cena.usp.br/tratamento-residuos>> Acesso em Janeiro de 2018.

CONAMA. **Resolução n° 430**, de 13 de Maio de 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

DECRETO-LEI n.º **239/97**, de 9 de Setembro. Estabelece as regras a que fica sujeita a gestão de resíduos, nomeadamente a sua recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação, por forma a não constituir perigo ou causar prejuízo para a saúde humana ou para o ambiente. Diário da República n.º 208/1997, Série I-A de 09-09-1997.

FIGUEIREDO; P. J. M. **A sociedade do lixo: os resíduos, a questão energética e a crise ambiental**. 2.ed. UNIMEP: Piracicaba, 1994. Disponível em <<http://www.ichs.ufop.br/cadernosdehistoria/download/CadernosDeHistoria-04-14.pdf>> Acesso em Outubro de 2014.

FOUST, A. S.; WENZEL, L. A.; CLUMP C. W.; MAUS L.; ANDERSEN L. B. **Princípio das operações unitárias**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 670, 2011.

JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, **Quim. Nova**, v. 21, n.5, 1998.

SALES, M. G. F.; DELERUE-MATOS, C.; MARTINS, I. B.; SERRA, I.; SILVA, M. R.; MORAIS, S. A waste management school approach towards sustainability. **Resources, Conservation and Recycling** 48, p. 197–207, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANVISA. **Resolução n° 306**, de 07 de Dezembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6> Acesso em Janeiro de 2018.

MOZETO, A. A.; JARDIM, W. F. **Quim. Nova**, v. 25, n.1, 2002.

NAÇÕES UNIDAS. **Relatório Brundtland (1987)**. Disponível em <<http://www.inbs.com.br/ead/Arquivos%20Cursos/SANeMeT/RELAT%23U00d3RIO%20BRUNDTLAND%20%23U201cNOSSO%20FUTURO%20COMUM%23U201d.pdf>> Acesso em Outubro de 2014.

NOLASCO, F. R. Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades. **Nova Técnica**, v.11, n.2, p. 118-124, 2006.

OLIVEIRA, G. V. O. **Gestão de resíduos químicos laboratoriais na UFRGS**. CGTRQ, 2002. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/edufrgs/arquivos/arquivos-salao-edufrgs/arquivos-iii-salao-edufrgs/trabalhos/greice>> Acesso em outubro de 2014.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A.. **Quím. Nova**, v.28, n.4. São Paulo July/Aug. 2005.

TEIXEIRA, C. E. et al. Concepção de um sistema de gestão de resíduos de práticas laboratoriais: estudo de caso de um instituto de pesquisa. *In: Anais do VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão*, 2011.

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES – URI CAMPUS DE SANTO ÂNGELO. Laboratórios da Saúde, 2015.