

Emanuela Saramento

**GESTÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM UMA INSTITUIÇÃO
DE ENSINO SUPERIOR: APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DO
PENSAMENTO SISTÊMICO E DE CICLO DE VIDA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Alexandra Rodrigues Finotti

Co-orientador: Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Saramento, Emanuela

Gestão de resíduos químicos em uma instituição de ensino superior : aplicação dos princípios do pensamento sistêmico e de ciclo de vida / Emanuela Saramento ; orientadora, Alexandra Rodrigues Pinotti ; coorientador, Sebastião Roberto Soares. - Florianópolis, SC, 2016.
129 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Gestão de resíduos químicos. 3. Instituição de ensino superior. 4. Pensamento sistêmico. 5. Pensamento do ciclo de vida. I. Pinotti, Alexandra Rodrigues. II. Soares, Sebastião Roberto. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. IV. Título.



"Gestão de Resíduos Químicos em uma Instituição de Ensino Superior: Aplicação dos Princípios de Pensamento Sistêmico e de Ciclo de Vida"

EMANUELA SARAMENTO

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na Área de Engenharia Ambiental.

Aprovado por:

Prof. Alexandra Rodrigues Finotti, Dr.
(Orientadora)

Prof. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Dr.

Prof. Fernando Soares Pinto Sant'Anna, Dr.

Prof. Cláudia Echevengúá Teixeira, Dr.

Prof. William Gerson Mattias, Dr.
(Coordenador)

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL
ABRIL/2016

Dedico este trabalho a minha querida mãe, pelo amor, pelos bons exemplos e por tudo que representa em minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por tudo.

A minha querida família, por todo o amor e apoio.

Ao meu namorado, pela cumplicidade, força, companheirismo e compreensão em tantos momentos que estive ausente.

Aos meus orientadores Profa. Alexandra Rodrigues Finotti e Prof. Sebastião Roberto Soares pelos riquíssimos momentos em que discutimos sobre a dissertação. Pela oportunidade e confiança a mim depositados.

Aos membros da banca examinadora, Profa. Cátia, Profa. Cláudia e Prof. Fernando, pelas valiosas contribuições.

A todos os envolvidos no projeto de resíduos químicos e especiais da UFSC, por oportunizar os dados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina pela oportunidade de realizar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) por ter financiado a pesquisa por meio da bolsa de mestrado.

Às colegas de mestrado, Renata, Sara e Fabi pelas vezes que precisei de ajuda e prontamente me atenderam. Pelo ombro amigo que muitas vezes precisei. Em cada momento dessa trajetória cada uma de vocês foi fundamental para mim.

Aos meus colegas de grupo de pesquisa pelas conversas e troca de ideias. Ao colega do Grupo de Pesquisa em ACV (CICLOG), Guilherme, pelas contribuições e esclarecimentos.

À empresa Marisol Indústria do Vestuário Ltda., nas pessoas do Sr. Flávio, Sr. Adriano, gerentes, por poder conciliar os dias de aula no mestrado e o trabalho. Ao ex-supervisor, Cláudio, por entender que havia chegado a hora em que precisava me dedicar aos estudos.

Aos ex-colegas de trabalho de empresa, Nerival, Paulo, Rogério, por ter tornado meus dias de ausência na empresa os mais tranquilos possíveis. Que equipe profissional! Só deixou boas recordações!

À ex- colega de empresa, Gisele, pelas caronas e conversas nas idas e vindas à UFSC.

À Coordenadora da TecPUC – Grupo Marista /Unidade São Luís, Kelly, por ser solícita nos momentos em que precisei me ausentar.

E por todos que contribuíram para a materialização deste sonho.

MUITO OBRIGADA!

“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer”.

Amyr Klink

RESUMO

Resíduos não são apenas produzidos pelo setor industrial, mas também pelas Instituições de Ensino Superior (IES). A complexa relação que se estabelece entre heterogeneidade de resíduos, gestão acadêmica e mudanças comportamentais são elementos que constituem a gestão de resíduos nessas instituições. Os impactos ambientais negativos decorrentes das suas atividades de ensino, pesquisa e extensão, requerem uma atenção especial, trazendo neste contexto a responsabilidade socioambiental das IES. Nesse sentido, a compreensão desse sistema complexo exige pensar de forma sistêmica e de soluções complexas coerentes com a redução desses impactos levando em consideração as etapas do ciclo de vida desses resíduos. Desse modo este trabalho teve como foco a gestão de resíduos, em especial, a gestão de resíduos químicos da Universidade Federal de Santa Catarina – Brasil (UFSC). O objetivo geral deste estudo foi avaliar a gestão de resíduos químicos da UFSC aplicando os princípios do pensamento sistêmico e de ciclo de vida. Os objetivos específicos propostos para esse trabalho consistiram em: identificar os problemas observáveis pelos gestores e geradores do sistema de gestão de resíduos químicos, elaborar um mapa sistêmico e apresentar propostas de melhorias para atuação no sistema de gestão de resíduos químicos da instituição em estudo. A partir dos princípios de Pensamento Sistêmico e de Ciclo de Vida foi aplicado o método sistêmico, em que a análise foi realizada por meio de modelos de percepção da realidade, enfatizando principalmente o entendimento e a estruturação dos problemas decorrentes da gestão de resíduos químicos. O resultado da aplicabilidade do método sistêmico na instituição proporcionou identificar os principais enlaces do sistema, sendo eles: a ausência de definições das responsabilidades dos agentes em todas as fases do ciclo de vida, a falta de estruturação da gestão de resíduos, sem as quais dificulta um planejamento e estratégia na definição de políticas, diretrizes, normas e metas para um sistema de gestão e a falta do envolvimento da comunidade acadêmica na gestão dos resíduos químicos. Por fim, a partir desses enlaces foram elencados os cenários futuros, ou seja, sugestões de ações para a melhoria do sistema.

Palavras-chave: Resíduos químicos. Gestão de resíduos em universidades. Pensamento do ciclo de vida. Pensamento sistêmico.

ABSTRACT

Wastes are not only produced by the industrial sector, but also by the Higher Superior Institutions (HEI). The complex relation established among heterogeneity of wastes, academic management and behavior changes are the elements that constitute the waste management in these institutions. The negative environmental impacts resulting from their teaching activities, research and extension, require special attention, bringing in this context, the social environmental responsibility of the HEIs. Therefore, the comprehension of this complex system requires thinking systematically. Besides that complex solutions consistent with a decrease of these impacts, considering the stages of the life cycle of these wastes. Thus, this work had focus on the waste management, especially chemical waste management from the Federal University of Santa Catarina – Brazil (UFSC). The main objective of this study was to assess the chemical waste management from UFSC, applying the elements of the systemic thought and life cycle. The specific objectives for this work consist in: identify the observable problems by the managers and generator of the chemical waste management system; elaborate a systemic map and present improvement proposals to act in the system of chemical waste management of the institution studied. From the principles of the Systemic Thought and of Life Cycle was applied the systemic method. The analyses was made by models of reality perception, emphasizing mainly the understanding and organization of the problems resulting from the chemical waste management. The result of the applicability of the systemic method in the institution provided identify the main links of the system, such as: the absence of agents responsibility definitions in all the stages of the life cycle; the absence of waste management organization, making difficult a planning and strategy in the politics definition, guidelines, standards and aims for a management system and the lack of involvement of the academic community in the chemical waste management. Finally, from these links were listed future scenarios, or suggestions to improve the system.

Keywords: Chemical wastes. Management of wastes in universities. Life Cycle Thinking. Systemic Thinking.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fontes de resíduos gerados em universidades	36
Figura 2 - Hierarquia na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).....	40
Figura 3 - Abordagem do conceito do pensamento do ciclo de vida	49
Figura 4 - Estrutura das etapas da ACV	55
Figura 5 - Notação da língua sistêmica	61
Figura 6 - Exemplo de influência direta e inversa.....	62
Figura 7 - Exemplo de influência instantânea e com atraso.....	63
Figura 8 - Enlace reforçador “R”e balanceador “B”	64
Figura 9 - Os níveis da realidade.....	65
Figura 10 - Exemplo de relação circular de causa e efeito.....	70
Figura 11 - Mapa de localização da UFSC em Florianópolis.....	76
Figura 12 - Fluxograma contendo as etapas de gerenciamento de resíduos químicos gerados nos laboratórios da UFSC	78
Figura 13 – Estrutura organizacional da UFSC.....	79
Figura 14 - Etapas do método sistêmico	80
Figura 15 – Fronteiras do sistema estudado	82
Figura 16 – Mapa Sistêmico.....	93
Figura 17 - Enlace Reforçador R1.....	95
Figura 18 - Enlace Balanceador B1.....	96
Figura 19 - Enlace Reforçador R2.....	97
Figura 20 - Enlace Balanceador B2.....	97
Figura 21 - Enlace Reforçador R3.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Práticas de gestão e gerenciamento dos resíduos químicos das IES	41
Quadro 2 - Estudos aplicados em PCV	51
Quadro 3 - Estudos aplicados em PS.....	72
Quadro 4 - Eventos.....	88
Quadro 5 - Variáveis-chave.....	89
Quadro 6 - Variáveis-chave definidas	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Normatização da ACV no Brasil.....	54
Tabela 2 - Detalhamento da AICV.....	58
Tabela 3 - Composição generalizada dos resíduos químicos	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A;B – Variáveis
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV – Avaliação do Ciclo de Vida
AICV – Avaliação de impacto de Ciclo de Vida
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
A3P – Agenda da Administração Pública
B – Balanceador (enlace)
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
Art. – Artigo (legislação)
Cap. – Capítulo (legislação)
CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CN – Íon Cianeto
CUN – Conselho Universitário
DAS – Departamento Atenção à Saúde
DF – Distrito Federal
DQ – Departamento de Química
EPA – *Environmental Protection Agency*
EPIs – Equipamentos de Proteção Individual
EPCs – Equipamentos de Proteção Coletiva
ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
EUA – Estados Unidos da América
GR – Gabinete do Reitor
HU – Hospital Universitário
IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICV – Inventário de Ciclo de Vida
IES – Instituição de Ensino Superior
Inc. – Inciso (legislação)
IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IQ – Instituto de Química
IQUSP – Instituto de Química de São Paulo
ISO – *International Organization for Standardization*
LCT – *Life Cycle Thinking*
MIT – Massachusetts Institute of Technology
NBR – Norma Brasileira
PCV – Pensamento do Ciclo de Vida
PEAD – Polietileno de Alta Densidade
PGR – Programa de Gerenciamento de Resíduos

PGRQ – Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos
pH – Potencial Hidrogeniônico
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
POA – Processo Oxidativo Avançado
PPGEA – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental
PROAD – Pró-Reitoria de Administração
PROPLAN – Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento
PS – Pensamento Sistêmico
PU – Prefeitura Universitária
R – Reforçador (enlace)
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada (legislação)
SEGESP – Secretaria de Gestão de Pessoas
SETAC – *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*
TR – *Technical Report*
TS – *Technical Specification*
UCS – Universidade de Caxias do Sul
UERJ – Universidade do Estado do Rio de Janeiro
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFP – Universidade Federal de Passo Fundo
UFPR – Universidade Federal do Paraná
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UFSCar – Universidade Federal de São Carlos
UFSM – Universidade Federal de Santa Maria
UnB – Universidade de Brasília
UNEP – *United Nations Environment Programme*
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas
URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
USEPA – *United States Environmental Protection Agency*
USP – Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

- % – Porcentagem
- R\$ – Real (moeda)
- CO₂ – Dióxido de Carbono
- H₂O - Água
- kg – Quilograma
- nº – Número
- °C – Graus Celsius
- W/m² – Watt por metro quadrado
- mm – Milímetro
- > Maior que
- < Menor que
- + Positivo (sinal)
- Negativo (sinal)
- Relação de causa e efeito
- ↗ Relação de causa e efeito com atraso
- + ↑A↑B ou ↓A↓B
- ↑A↓B ou ↓A↑B

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	29
1.1 OBJETIVOS	30
1.1.1 Objetivo Geral	30
1.1.2 Objetivos Específicos	31
1.2 JUSTIFICATIVAS.....	31
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	35
2.1 RESÍDUOS NAS IES	35
2.1.1 Resíduos químicos em laboratórios de IES	36
2.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM IES.....	39
2.2.1 Gestão de resíduos químicos e abordagem sistêmica	45
2.3 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS	46
2.3.1 Tipos de Tratamento	46
2.4 PENSAMENTO DO CICLO DE VIDA (PCV).....	48
2.5 ESTUDOS EM PCV	50
2.6 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	53
2.6.1 Definição de ACV	53
2.6.2 Normatização	54
2.6.3 Etapas de uma ACV	55
2.6.4 Definição de objetivo e escopo	55
2.6.4.1 Unidade funcional	56
2.6.4.2 Fronteira do sistema	56
2.6.4.3 Alocação.....	56
2.6.5 Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV)	57
2.6.6 Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV)	57
2.6.7 Interpretação	58

2.7 PENSAMENTO SISTÊMICO (PS).....	59
2.7.1 Linguagem sistêmica.....	61
2.7.2 Os níveis de percepção da realidade.....	64
2.8 MÉTODO SISTÊMICO	66
2.8.1 Método sistêmico proposto por Goodman e Karash (1995)66	
2.8.2 Método sistêmico proposto por Andrade et al. (2006)	67
2.8.2.1 Passo 1 – Definir uma situação complexa de interesse.....	67
2.8.2.2 Passo 2 - Apresentar a história por meio de eventos.....	68
2.8.2.3 Passo 3 - Identificar as variáveis-chave	68
2.8.2.4 Passo 4 - Traçar os padrões de comportamento	69
2.8.2.5 Passo 5 – Desenhar o mapa sistêmico.....	69
2.8.2.6 Passo 6 – Identificar modelos mentais	71
2.8.2.7 Passo 7 – Realizar cenários.....	71
2.8.2.8 Passo 8 – Modelar em computador	71
2.8.2.9 Passo 9 – Definir direcionadores estratégicos, planejar ações e reprojeta.....	71
2.9 ESTUDOS APLICADOS EM PS.....	72
3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	75
3.1 ABRANGÊNCIA DO ESTUDO	75
3.2 MÉTODO SISTÊMICO	80
3.2.1 Definição do problema.....	80
3.2.2 Descrição dos eventos – análise preliminar dos problemas	82
3.2.3 Identificação das variáveis-chave	83
3.2.4 Traçar os padrões de comportamento e desenhar o mapa sistêmico.....	84
3.2.5 Cenários	84
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	87
4.1 DESCRIÇÃO DOS EVENTOS.....	87

4.1.1 Descrição dos eventos – análise preliminar dos problemas	87
4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS-CHAVE.....	89
4.2.1 Variáveis - chave.....	89
4.3 PADRÕES DE COMPORTAMENTO E O DESENHO DO MAPA SISTÊMICO.....	92
4.3.1 Mapa sistêmico	92
4.4 CENÁRIOS	98
4.4.1 Cenários para a gestão de resíduos químicos da UFSC	99
5 CONCLUSÕES	101
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	117
APÊNDICE B – VALIDAÇÃO DOS DADOS - EVENTOS	121
APÊNDICE C – VALIDAÇÃO DOS DADOS – VARIÁVEIS... 	123
APÊNDICE D – VARIÁVEIS - CHAVE	127

INTRODUÇÃO

A implantação de programas de gestão e gerenciamento de resíduos se deu a partir da década de 70. As universidades Califórnia, Viscosin, Estado do Novo México, Illinois e de Minnesota são alguns exemplos das instituições de ensino (IES) que relataram ações nesta problemática, conforme destaca Ashbrooth e Reinhardt (1985). Já no Brasil, esse início foi no fim da década de 80 e início da década de 90, a partir das experiências com coleta seletiva, seguida pelo gerenciamento dos resíduos químicos, dos resíduos de serviços de saúde e dos resíduos radioativos (ARAÚJO, 2002).

As instituições de ensino superior (IES) no Brasil são responsáveis por cerca de 1% dos resíduos perigosos gerados (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005) não se destacam pela quantidade, mas pela diversidade dos resíduos produzidos, principalmente em decorrência da grande variedade de produtos químicos manipulados em seus laboratórios (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005).

Nessa conjuntura, o gerenciamento de resíduos químicos depende de vários fatores, dentre os quais devem ser destacados: os insumos utilizados, a forma de geração, o acondicionamento na fonte geradora, a coleta, o transporte, o processamento, a recuperação e a disposição final. Tudo isso passa pelo processo de construção da gestão de resíduos nas IES, definido como um sistema complexo e assim exigindo um esforço sistêmico e integrado dos gestores, professores, estudantes, colaboradores, fornecedores e terceirizados (DE CONTO, 2010).

Os danos ambientais e o risco relacionado à inexistência ou ao mau gerenciamento desses resíduos químicos atrelado a homologação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tem motivado cada vez mais o desenvolvimento de programas de gestão e gerenciamento de resíduos químicos nas IES, sendo em grande parte nessas instituições um eixo do programa de gestão ambiental.

Nesse âmbito, a abordagem mais utilizada para a implantação do programa de gestão são as normas ISO 14000, introduzidas em 1996. Visando principalmente a minimização dos efeitos nocivos ao ambiente causados pela atividade. Nesse intuito, a norma ISO 14001 (ABNT, 2004), com seus requisitos, estabelece o sistema de gestão ambiental da organização.

No contexto da instituição estudada, a gestão integrada e compartilhada de seus resíduos é ainda um fator limitante, o que resulta em um grau restritivo de eficácia e eficiência do ponto de vista

ambiental e legal (UFSC, 2014) e de gestão. A visão para com a gestão desses resíduos ainda se limita a um olhar linear, onde cada parte do sistema é analisada isoladamente e não de forma sistêmica, analisando o todo e suas relações.

Não obstante, a gestão sistêmica dos problemas ambientais relacionados à gestão desses resíduos nas IES é uma exigência a ser atendida compreendendo ações referentes à tomada de decisões, políticas e estratégias, quanto a fatores institucionais, operacionais, financeiros e ambientais, da geração ao destino final, em todas as etapas do ciclo de vida. Essa compreensão exige pensar de forma sistêmica para a tomada de decisão mais coerente com a redução dos impactos ambientais em todas as etapas do ciclo de vida desses resíduos (DE CONTO, 2010).

Desse modo, a atuação na forma de pensamento sistemático em toda a sua abordagem de gestão do sistema, políticas, objetivos, planos de ações, procedimentos e instruções, monitoramento, entre outros, pode ser visto como a identificação de oportunidades que visam à melhoria do desempenho do sistema na sua totalidade, em todas as etapas do ciclo de vida, ajudando aos gestores na tomada de decisões.

Nesse sentido, embora se perceba um número crescente de pesquisas sobre pensamento sistêmico (PS) e pensamento do ciclo de vida (PCV), percebe-se que há poucos estudos e iniciativas consolidadas no Brasil que dão luz à aplicabilidade a esses conceitos e a abordagem sistêmica para a gestão de resíduos químicos em IES. Baseado nessa premissa, o presente estudo fez uso dos princípios do PS e PCV na gestão desses resíduos. O sistema de gestão e gerenciamento de resíduos químicos da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) campus Trindade foi base para a pesquisa. Cabe salientar, que o estudo realizado está inserido na linha de pesquisa: “Gestão Ambiental em Organizações” no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA) e trata-se do primeiro trabalho de dissertação dessa linha de pesquisa a abordar a temática proposta.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a gestão de resíduos químicos em uma instituição de ensino superior aplicando os princípios do pensamento sistêmico e de ciclo de vida.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos propostos para esse trabalho consistem em:

i. Identificar os problemas observáveis pelos geradores e gestores do sistema de gestão e gerenciamento de resíduos químicos da UFSC.

ii. Elaborar um mapa sistêmico da gestão e gerenciamento de resíduos químicos da UFSC, amparado pelos resultados obtidos do método *Survey*.

iii. Apresentar sugestões de melhorias para atuação no sistema de gestão de resíduos químicos da UFSC.

1.2 JUSTIFICATIVAS

A caracterização das instituições de ensino e pesquisa como fontes geradoras de resíduos está condicionada ao porte e à complexidade, à multiplicidade de produtos químicos utilizados, à diversidade de atividades acadêmicas e às demandas das diferentes pesquisas e aos inúmeros serviços prestados (FIGUERÊDO, 2006). Nessas instituições, a composição e a taxa de geração de resíduos variam a cada projeto de pesquisa ou atividade desenvolvida (GERBASE et al., 2005).

Conforme estatísticas, em 2005, nos Estados Unidos da América (EUA), o segmento das faculdades, universidades e escolas profissionalizantes ocupou a 41ª posição entre os 50 maiores geradores de resíduos perigosos totalizando 26.155 toneladas de resíduos; o segmento de desenvolvimento e prestação de serviços de pesquisa científica ocupou a 43ª posição com total de 18.478 toneladas de resíduos perigosos; perfazendo 0,12% do total gerado pelos 50 segmentos analisados (USEPA, 2006). Segundo o levantamento realizado pela *Environmental Protection Agency (EPA)* nas instituições de ensino e pesquisa americanas, os laboratórios respondem por 73% da geração de resíduos perigosos no segmento das faculdades e universidades, por 81% nos hospitais-escola e por 92% nos institutos e centros de pesquisa sem fins lucrativos (USEPA, 2008).

No Brasil, embora os resíduos gerados nas IES não sejam sistematicamente inventariados, Alberguini, Silva e Rezende (2005) estima que as universidades, as faculdades e os centros de formação de recursos humanos sejam responsáveis por 1% dos resíduos perigosos

produzidos no país. Dados de algumas universidades ratificam essa estimativa: no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQUSP) anualmente são gerados 18 toneladas de solventes orgânicos diversos e aproximadamente 1 tonelada constituída por soluções aquosas, contendo metais pesados e resíduos sólidos (ALBERGUNI; SILVA; REZENDE, 2005); na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) são geradas anualmente 16 toneladas de resíduos de solventes (LEMONS et al., 2013); na Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR) na caracterização dos resíduos químicos foi identificado à geração de 116 itens de resíduos químicos perigosos de categorias e grau de riscos diferentes (SAQUETO, 2010).

No entanto, os problemas relacionados aos resíduos gerados, em IES, não são apenas físicos, químicos ou biológicos: são também comportamentais e de gestão acadêmica (DE CONTO, 2010). Para tanto, parece ser indispensável que as IES incorporem políticas com princípios e práticas sustentáveis em relação aos resíduos, essas imprescindíveis para iniciar um processo de conscientização em todos os seus níveis e atividades, atingindo administradores, professores, funcionários e estudantes, com a adoção de decisões fundamentais sobre a estrutura, o planejamento, a organização e as operações em seus ambientes, contribuindo para a melhoria da qualidade ambiental (TAUCHEN; BRANDLI, 2006).

Em suma, do ponto de vista social, as IES desempenham um papel fundamental na disseminação do conhecimento por meio do ensino, da pesquisa e extensão, elas são responsáveis pela formação de seus futuros profissionais e desempenham um papel social perante a sociedade como referência nas questões ambientais. Dessa forma o descaso com seus próprios resíduos é incompatível com a inserção social que estas instituições representam. Assim o estudo desta problemática visa trazer elementos importantes para auxiliar na abordagem da questão nas IES.

Do ponto de vista ambiental, este trabalho se justifica quando se analisa a gestão de resíduos químicos nas IES, considerando-se os impactos ambientais e o risco à saúde pública. Além do fato, que não pode ser eximida a obrigatoriedade aos geradores de resíduos perigosos à gestão e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos seus resíduos, preconizado na Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 - a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010).

Do ponto de vista econômico, tem-se os custos para implantar ou manter um sistema de gestão de resíduos numa IES. No entanto, sabe-se que reduzindo a quantidade de poluentes, consequentemente, os custos

com tratamento e disposição final também são reduzidos (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005).

Nesse cenário, a abordagem do PCV e PS podem ajudar a pensar a gestão de resíduos de forma sistemática em toda a sua abordagem de gestão. Foco que será dado neste presente trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica está organizada em torno dos seguintes temas: gestão de resíduos químicos em IES, pensamento do ciclo de vida e pensamento sistêmico.

No primeiro tema serão abordados os resíduos em IES; os resíduos químicos de laboratórios em IES; a gestão e gerenciamento de resíduos químicos em IES; tratamento dos resíduos químicos. Na sequência o conceito do PCV e o PS.

2.1 RESÍDUOS NAS IES

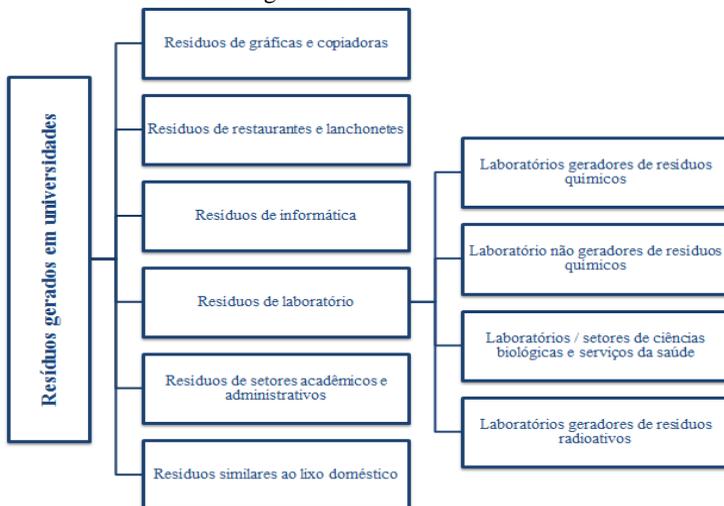
Segundo Souza (2005), as universidades têm uma estrutura física e funcionamento similar ao de uma pequena cidade, na qual os departamentos dotados de laboratórios experimentais podem ser comparados às indústrias do meio urbano.

Sabe-se que as IES geram resíduos de natureza variada e que, segundo Araújo (2002), são comparáveis a núcleos urbanos, com relação aos problemas que causam. A geração de resíduos em universidades apresenta diversidade, variando de resíduos comuns a resíduos específicos, que podem ser perigosos. Tendo por base a estrutura organizacional de uma IES, na Figura 1, é possível deduzir quais os resíduos gerados nesses estabelecimentos de ensino.

Conforme o exposto na Figura 1, Souza (2005) descreve que os resíduos de gráficas e copiadoras são compostos por papel, restos de tintas de impressão ou ainda de copiadoras desativadas; os resíduos de informática são compostos de cartuchos de tintas de impressoras desativados e partes de microcomputadores não utilizados; os resíduos de restaurantes e lanchonetes são os resíduos orgânicos, basicamente; resíduos de setores acadêmicos e administrativos são compostos por papéis, plásticos, restos de cartucho de impressão e outros tipos de materiais de escritório, esses resíduos são gerados em salas de aula, secretarias, biblioteca, gabinetes; os resíduos similares aos resíduos domésticos são por resíduos orgânicos e materiais inertes como vidros e metais, esses resíduos são gerados na instituição como um todo; os resíduos de construção civil e demolições na instituição são semelhantes a esses resíduos no ambiente urbano; o resíduo de limpeza do campus e podas de árvores idem a esses resíduos urbanos; os resíduos radioativos são resíduos provenientes da utilização de radioisótopos, que geralmente se encontram em setores e laboratórios de biologia e saúde, laboratórios químicos e outros; por fim os resíduos de laboratórios que podem ter

origem em laboratórios de ciências biológicas e da saúde, laboratórios geradores de resíduos químicos e laboratórios não geradores de resíduos químicos, como laboratórios de mecânica dos solos, pavimentação, cerâmicos, polímeros, metais, etc.

Figura 1 - Fontes de resíduos gerados em universidades



Fonte: Adaptado de Souza (2005).

Tendo clara a diversidade dos resíduos gerados em universidades, é fundamental o conhecimento das características desses resíduos, já que elas possibilitam a seleção de processos de tratamento e técnicas de disposição final (ZANTA; FERREIRA, 2004). Os resíduos gerados em IES provocam os mesmos problemas que os resíduos advindos de outras fontes, quando manuseados e dispostos de forma inadequada (BRITO, 2010). Nas IES, os resíduos que apresentam maior risco são gerados nos laboratórios, em ensino, pesquisa e/ou extensão (SAQUETO, 2010). Tendo como premissa a diversidade dos resíduos gerados nesses locais, na Universidade do Oeste da Virgínia, nos Estados Unidos, foram identificadas mais de 10.000 substâncias e produtos químicos na sala de preparação e armazenamento (FOSTER, 2005). A autora, em seu trabalho, destaca ainda o cuidado que se deve ter com a proteção à exposição desses materiais perigosos por alunos e professores.

2.1.1 Resíduos químicos em laboratórios de IES

A NBR 10004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como sendo aqueles nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição ou ainda determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviável em face à melhor tecnologia disponível. A referida norma classifica os resíduos sólidos conforme sua periculosidade em:

- Classe I – perigosos: aqueles que apresentam periculosidade, característica apresentada por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, pode apresentar: (a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices; e (b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Para ser de classe I, o resíduo tem de apresentar características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade (ABNT, 2004).

A inflamabilidade é determinada pelo ponto de fulgor inferior a 60°C por produzir fogo por fricção (não sendo líquido) e por ser um oxidante, liberando oxigênio. Se o resíduo apresentar características de corrosividade, com pH menor ou igual a 2 ou superior a 12,5 ou corroer o aço na razão, maior que 6,35 mm por ano, à temperatura de 55° C. O critério de reatividade é o que determina se o resíduo é instável, reagindo violentamente com ar e água. Se o resíduo forma misturas explosivas com água, se gera gases, vapores e fumos, se libera gases à base de cianetos e sulfetos, se produz reação violenta ou detonante e se é explosivo (ABNT, 2004).

- Classe II A – não inerte: são aqueles que podem ter propriedades como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (ABNT, 2004).

- Classe II B – inerte: são aqueles que, basicamente, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água (ABNT, 2004).

Os resíduos químicos perigosos enquadram-se na classificação pela NBR 10004 (ABNT, 2004) como, resíduo Classe I - perigoso, devendo ser segregado, manipulado, coletado, tratado e disposto sob condições especiais. Esses são formados por resíduos ou recipientes que contenham substância química, podendo apresentar risco à saúde humana ou efeitos adversos ao meio ambiente. Estão enquadrados nessa característica os líquidos combustíveis, explosivos, inflamáveis, peróxidos orgânicos e reagentes oxidantes, pirofóricos, corrosivos e outros (ARAÚJO, 2002).

Há dois tipos de resíduos gerados em laboratórios de ensino e pesquisa: o ativo, gerado nas atividades rotineiras da unidade geradora e, o passivo, que compreende o resíduo estocado, na maioria das vezes de forma inadequada e geralmente não caracterizado, aguardando a destinação final (JARDIM, 1998).

Quanto à segregação desses resíduos, esta ocorre para que seja evitada a sinergia entre produtos e reações químicas indesejáveis, impossibilitando a sua recuperação e tratamento. No entanto, essa segregação está relacionada com a destinação final dos resíduos dada pela IES. No caso do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da USP, foram estabelecidas 11 classes: (a) mercúrio e resíduos de seus sais inorgânicos; (b) solventes orgânicos e soluções de substâncias orgânicas que não contenham halogênios; (c) resíduos de sais metálicos regeneráveis; (d) solventes orgânicos e soluções orgânicas que contenham halogênios; (e) resíduos inorgânicos tóxicos contendo metais pesados; (f) resíduos sólidos de produtos químicos orgânicos; (g) soluções salinas (pH 6 – 8); (h) soluções que contenham cianetos/nitrilas ou geradoras de CN; (i) compostos explosivos ou combustíveis tóxicos; (j) resíduos inorgânicos tóxicos não contendo metais pesados; (k) outros compostos (tintas, resinas diversas, óleo de bomba de vácuo; herbicidas, pesticidas) (TAVARES et al., 2004). Já na Universidade Estadual Paulista (UNESP), os resíduos químicos são segregados em dois grupos: resíduos químicos não perigosos (segregados com base no estado físico e destinação) e perigosos (segregados com base na compatibilidade e destinação) (FONSECA, 2009). Cabe ressaltar que quando não há a segregação e ocorre a mistura dos resíduos, considera-se o risco de maior periculosidade na definição do seu gerenciamento.

De acordo com Gil et al. (2007) além do compromisso ambiental e da ética, que devem ser sempre presentes dentro das atividades que se desenvolvem nos laboratórios, existe também a questão da legislação sobre o assunto. No Brasil, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 306, de 7 de dezembro de 2004 da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) e a Resolução nº 358 de 29 de abril de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), são as principais leis pertinentes ao gerenciamento de resíduos provenientes de laboratórios. Além disso, um resíduo não pode ser descartado em rede de esgoto se ferir a legislação referente ao lançamento de efluentes líquidos em corpos d'água ou em rede de esgoto, conforme a Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011.

2.2 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM IES

Com o objetivo de diminuir a quantidade de resíduos químicos descartados inadequadamente e organizar os setores envolvidos na geração é preciso executar a gestão desses resíduos. A gestão de resíduos é compreendida como o processo de conceber, planejar, definir, organizar e controlar as ações a serem efetivadas pelo sistema de gerenciamento de resíduos (ARAÚJO, 2002). E, por sua vez, gerenciamento de resíduos é o conjunto de ações técnico-operacionais que visam implementar, orientar, coordenar, controlar e fiscalizar os objetivos estabelecidos na gestão (ARAÚJO, 2002).

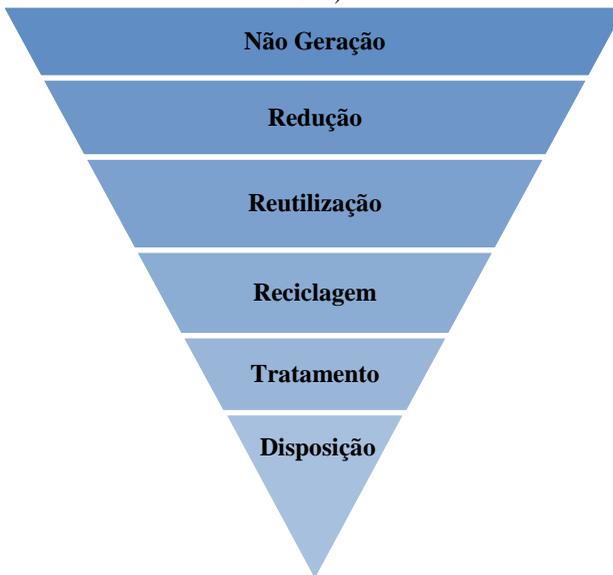
Lima (2001) define a gestão de resíduos como um conjunto de referências político-estratégicas, institucionais, legais, financeiras e ambientais capazes de propor a organização do setor. Acrescenta ainda que o gerenciamento dos resíduos deve seguir o modelo de gestão adotado. De uma maneira geral, as operações efetuadas pelo sistema de gerenciamento de resíduos químicos compreendem as etapas de segregação, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final (ARAÚJO, 2002). Um sistema de gerenciamento de resíduos prevê as etapas que envolvem desde a geração do resíduo até o seu destino final. O que muda de um sistema para outro são as técnicas e os procedimentos utilizados em cada uma das etapas supracitadas, em função das características do resíduo químico e da sua fonte de geração.

Alberguini, Silva e Rezende (2005) apresentam as etapas de funcionamento do sistema de gerenciamento de resíduos químicos adotado na USP em São Carlos: (a) enviar um memorando ao setor responsável, solicitando a retirada de resíduos químicos; (b) rotular os frascos; (c) acondicionar os resíduos para transporte seguro; (d) transportar os resíduos ao entreposto de armazenamento; (e) tratar os resíduos; (f) proceder com a análise química para reutilização do produto recuperado e finalmente dispor os rejeitos adequadamente. Sob a ótica do PCV a redução dos impactos ambientais para o sistema de gestão de resíduos químicos pode ser estabelecida em todas as fases do ciclo de vida.

Complementando essa discussão a PNRS, no Art. 9º, estabelece que na gestão e no gerenciamento de resíduos deve ser seguida a ordem de prioridade a seguir: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Essa hierarquia é apresentada na Figura 2. Há que se citar, também, que na Diretiva da União Europeia,

Directive 2008/98/EC, relativa aos resíduos, há um sistema hierárquico na gestão dos resíduos com objetivo similar ao da PNRS: prevenção, preparação para o reuso (preparar o resíduo de tal modo que ele possa ser reutilizado, sem qualquer outro tipo de pré-processamento), reciclar, outros tipos de recuperação (exemplo: recuperação de energia) e disposição final.

Figura 2 - Hierarquia na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).



Fonte: Elaboração própria.

Em linhas gerais, Nolasco, Tavares e Bendassolli (2006) exemplificam ações que podem ser utilizadas na escala de prioridades recomendada pela PNRS (BRASIL, 2010): (a) deve-se evitar sempre que possível a geração, isso pode ser obtido pela modificação de um processo qualquer (ou método analítico), substituição de matérias-primas ou insumos, essa etapa, segundo o autor, é a mais difícil de ser atingida, uma vez que a busca incessante por resultados é uma realidade atual; (b) estimular o reaproveitamento do resíduo inevitavelmente gerado, podendo ser através da reciclagem, recuperação ou reutilização (c) a neutralização ácido/base e a precipitação química de metais é a forma mais usual de tratamento praticada nas universidades e, por fim,

dispor adequadamente os rejeitos, o que pode ser realizado em aterros ou outros locais apropriados.

Nos EUA as universidades são obrigadas a implementar estratégias de redução e reciclagem de resíduos (VEGA; BENÍTEZ; BARRETO, 2008). Nesse sentido, resultados como a eliminação do uso de Acrilamida e Brometo de Metila nas aulas práticas, bem como a minimização do uso de mercúrio, foram alguns dos resultados alcançados na Universidade de Princeton (IZZO, 2000).

Em contrapartida nas IES do México, os resíduos não são segregados antes da coleta e a disposição final é em aterro (VEGA; BENÍTEZ; BARRETO, 2008) o que acaba não estimulando a redução e a reciclagem dos resíduos.

No Quadro 1, são apontados outros exemplos de gestão e gerenciamento das IES.

Quadro 1 - Práticas de gestão e gerenciamento dos resíduos químicos das IES

Autor	IES	Práticas de Gestão e Gerenciamento
COLLOVINI et al. (2014)	Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	Programa de gerenciamento em implantação. Na primeira fase do projeto, foram oferecidos cursos para os alunos e elaborado um software para a identificação, quantificação e classificação dos reagentes. Com esses dados, foram geradas tabelas com informações como: nome, fórmula química, incompatibilidade e tipo de reação incompatível. A partir dessas informações o armazenamento dos resíduos está sendo reorganizado da forma correta.
LEMONS et al. (2013)	Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)	Ao ano são geradas em média 16 toneladas de resíduos químicos perigosos nos laboratórios da universidade. Ações como treinamento, identificação, segregação e rotulagem dos resíduos e aumento da coleta garantem o bom andamento do sistema.

Autor	IES	Práticas de Gestão e Gerenciamento
GOMES et al. (2013)	Universidade Federal do Ceará (UFC)	O gerenciamento está em fase de implantação. Método de recuperação para resíduos que contêm íons de prata, mercúrio, cobre e arsênio foi desenvolvido e estão sendo realizados.
SCHNEIDER et al. (2012)	Universidade de Caxias do Sul (UCS)	O programa de gerenciamento dos resíduos químicos é datado de 1999. No período de 2002- 2010 deixaram de serem dispostos inadequadamente 37.207 litros de resíduos químicos. Destacam-se ações como, segregação dos resíduos na fonte, estabelecimento de procedimentos para os geradores, uma central de armazenamento de resíduos químicos e uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).
<p>PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS (PGR) (2012)</p> <p>JARDIM (2001)</p>	IQ da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)	Implementação do sistema de gerenciamento de resíduos químicos implementado no IQ em 1994. Os resíduos químicos gerados no IQ são enviados para incineração desde 1994. Os resíduos passíveis de tratamento são tratados nos laboratórios de origem pelo gerador (aluno ou técnico do laboratório). Grandes volumes de resíduos são tratados numa Planta Piloto do IQ.
SILVA et al. (2010)	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ)	A implementação do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) foi possível a partir do compromisso assumido pelos dirigentes da instituição e do empenho e dedicação dos membros dos grupos de trabalho, da comissão de resíduos químicos, bem como, dos administradores e técnicos de todos os níveis hierárquicos da unidade.

Autor	IES	Práticas de Gestão e Gerenciamento
MISTURA, VANIEL e LINCK (2010)	DQ da Universidade Federal de Passo Fundo (UFP)	Desenvolvimento de práticas laboratoriais com menor quantidade de reagentes, reavaliação de diversas atividades experimentais, indicação de substituição de alguns reagentes originais, reutilização dos resíduos e, por fim, formas adequadas de disposição dos rejeitos, os quais são encaminhados para aterros.
BRASIL, (2011) IMBROISI et al. (2006)	Universidade de Brasília (UnB)	Implementação de um sistema de gerenciamento de resíduos e uma central de resíduos que tinha por finalidade promover a redução e/ou eliminação do impacto ambiental causado pelo descarte inadequado dos resíduos químicos gerados pela UnB; em 2010, foi realizado o diagnóstico do programa e proposto melhorias.
AFONSO et al. (2005)	IQ da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)	Trabalho de análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação resultou em reutilização para doação de 472 reagentes para escolas públicas, representando 60% do total analisado.
ALBERGUINI, SILVA e REZENDE (2005)	Universidade de São Paulo (USP)	Criação de um único laboratório capaz de tratar os resíduos químicos provenientes de todos os laboratórios com atividades químicas do campus entre ensino e pesquisa. Possui como infraestrutura o abrigo de resíduos químicos e conta também com o laboratório de resíduos químicos-destinado a tratar e recuperar efetivamente os resíduos químicos. Uma parte do material recuperado retorna às unidades dos laboratórios para serem utilizados.

Autor	IES	Práticas de Gestão e Gerenciamento
DEMAMAN et al. (2004)	Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI) – Campus Erechim	Em 1994, já possuía uma ETE, destinada ao tratamento dos resíduos líquidos produzidos nos laboratórios do Centro Tecnológico e do Centro de Ciências da Saúde. Implantaram o programa de gerenciamento, obtendo principalmente, a diminuição dos rejeitos acondicionados e redução do consumo de reagentes, aumento dos resíduos reaproveitados.
NORMAS DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS (2002)	Instituto de Química (IQ) da Universidade Estadual Paulista (UNESP)	Obrigatoriedade de incluir, em todos os projetos de pesquisa a ser desenvolvida, a descrição detalhada do tratamento/destinação que será dado aos resíduos químicos gerados nos projetos. Obedecendo as normas do gerenciamento dos resíduos químicos do IQ.
CUNHA (2001)	IQ da Universidade Federal do Paraná (UFPR)	O programa de gerenciamento dos resíduos se deu em 5 etapas: coleta e tratamento; armazenamento; licenciamento (para transporte e coprocessamento); transporte; e coprocessamento. Cabe salientar que no Paraná, o coprocessamento de ácidos, bases, solventes halogenados ou não, cianetos e sais de vários metais é permitido.

Fonte: Elaboração própria.

Todavia, a gestão de resíduos químicos em uma universidade pode ser muito complexa, devido a muitos fatores: descentralização dos departamentos das IES, a mudança frequente do tipo de atividades desenvolvidas e atividades de pesquisa e ensino instáveis (IZZU, 2000). Por isso, um programa de gerenciamento de resíduos não é uma atividade que envolve apenas algumas pessoas da unidade geradora, mas deve ser sempre tratada como uma atividade cujo sucesso depende de

todos (FOSTER, 2005). Com todas as dificuldades em implantar um sistema de gestão de resíduos o IPT em São Paulo, obteve bons resultados ao elaborar um sistema de gestão de resíduos químicos, envolvendo a hierarquia gestora do instituto (TEIXEIRA et al., 2012).

Em suma, De Conto (2010) define a gestão de resíduos em universidades como parte da gestão acadêmica utilizada para desenvolver e implementar políticas relacionadas aos aspectos e impactos resultantes das atividades de ensino, pesquisa e extensão, compreendendo ações referentes à tomada de decisões, políticas e estratégias, quanto a fatores institucionais, operacionais, financeiros, sociais, educacionais e ambientais da geração ao destino final dos resíduos gerados nas atividades acadêmicas.

2.2.1 Gestão de resíduos químicos e abordagem sistêmica

A gestão de resíduos exige uma abordagem sistêmica, que englobe uma compreensão do ciclo de vida de produtos e serviços (SEADON, 2006). Diante disso, em função da carência de estudos sistematizados que examinem os processos produtores de resíduos em universidades, ainda a solução de seus problemas se apresenta quando o resíduo é gerado (DE CONTO, 2010).

Desse modo, de acordo com Seadon (2010) a abordagem convencional do sistema de gestão de resíduos que se tem hoje é reducionista, não adaptado para lidar com complexidade e com a interação do sistema. Os processos que constituem o sistema, tais como a geração de resíduos, operações de coleta e destinação, são considerados de forma independente, embora cada um esteja interligado e influenciado pelos outros (SEADON, 2010). Consequentemente, um problema pode ser resolvido, mas diferentes problemas são gerados muitas vezes com soluções compartimentadas (DIJKEMA, 2000). Esta tendência para analisar as partes, para traçar caminhos retos da causa para o efeito, e de resolver problemas na tentativa de controlar o sistema é cada vez mais reconhecida como problemática (MEADOWS, 2008).

De Conto (2010) destaca que a visão sistêmica sobre as atividades a serem desenvolvidas e os produtos decorrentes das mesmas parece configurar uma lacuna: desde a responsabilidade pelo planejamento dos projetos arquitetônicos dos prédios que visem ao armazenamento dos resíduos, os projetos de pesquisa que precisam ser repensados no sentido de serem desenvolvidos com menor impacto ambiental aos programas de ensino e extensão que devem ser planejados inserindo a dimensão ambiental.

Um sistema de gestão de resíduos sustentável incorpora *loops* de *feedback*, está focado em processos, incorpora adaptabilidade e desvia os resíduos da disposição final (SEADON, 2010). O autor destaca ainda que a transição para um sistema de gestão sustentável dos resíduos exige a identificação e aplicação de pontos de alavancagem que gerem o efeito de mudança.

Marshall e Farahbakhsh (2013) identificaram que na gestão integrada dos resíduos sólidos em países desenvolvidos a urbanização, desigualdade e o crescimento econômico, além de aspectos culturais, políticos e institucionais influenciam na gestão desses resíduos. Os autores demonstraram a importância de uma nova abordagem na gestão desses resíduos na busca de uma gestão sustentável.

2.3 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS QUÍMICOS

Neste item, são apresentadas alternativas a serem consideradas para o tratamento dos resíduos químicos gerados nos laboratórios das IES, bem como o possível reciclo e reutilização adotados para esses resíduos.

Para entendermos as propostas de soluções para o tratamento dos resíduos químicos algumas definições são necessárias. A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, no Cap. 2, Art.3º, inc. XIV e XVIII define reciclagem como sendo o processo de transformação dos resíduos sólidos que envolvem a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos e a reutilização, como sendo o processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química. Nolasco, Tavares e Bendassoli (2006) utilizam o termo recuperação para definir quando se deseja retirar do resíduo um componente energético de interesse, seja por questões ambientais, financeiras ou ambas concomitantemente.

Quanto ao tratamento, esses podem ser utilizados para que um resíduo deixe de ser perigoso ou ainda tenha sua periculosidade diminuída. Os tratamentos também permitem a reutilização de substâncias químicas (DI VITTA et al., 2012). O tratamento pode ser realizado no laboratório da própria IES ou fora do laboratório, realizado por empresas contratadas e licenciadas para tal fim.

2.3.1 Tipos de Tratamento

Os tratamentos que podem ser realizados em um laboratório envolvem os seguintes processos: a) neutralização; b) precipitação; c) destilação; d) redução; e) oxidação; f) degradação química; g) biodegradação; h) processos oxidativos avançados (POA); i) adsorção; j) troca iônica (AFONSO et al., 2004; ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005; CUNHA, 2001; DI VITTA et al., 2012; NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006;).

Embora todas essas práticas possam ser realizadas no laboratório das IES, as práticas mais desenvolvidas são: a destilação, a precipitação e a neutralização (AFONSO et al., 2004; ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2005; CUNHA, 2001; DI VITTA et al., 2002; NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006). A reutilização é pouco utilizada para os resíduos químicos (LEVADA, 2008). Dentre os processos citados, a destilação fracionada é o processo mais utilizado no caso de solventes orgânicos (JARDIM, 2001; NOLASCO; TAVARES; BENDASSOLLI, 2006). No IQ/USP o montante atinge mais de 15.000 litros de solvente anualmente (DI VITTA et al., 2002).

Outros tratamentos e disposição final podem ser realizados fora de um laboratório de uma IES, por empresas contratadas. Giovannini (2007) cita o comumente mais utilizado: a) tratamento de efluentes cabe ressaltar que embora aqui colocado como sendo realizado por um ambiente externo à IES, temos IES que possuem uma ETE no campus (DEMAMAN et al., 2004; SCHNEIDER et al., 2012); b) incineração e coprocessamento (tratamento térmico) c) estabilização e solidificação (encapsulamento).

O tratamento de efluentes é utilizado para remover diversas substâncias de efluentes líquidos, é um tratamento feito em várias etapas, que podem incluir acerto de pH, precipitação, degradação, entre outros (GIOVANNINI, 2007).

No coprocessamento os resíduos são processados nos fornos rotativos devido às condições específicas do processo, como alta temperatura, ambiente alcalino, atmosfera oxidante, ótima mistura de gases e produtos e tempo de residência (> 2 segundos), geralmente suficiente para a destruição de resíduos perigosos (ROCHA; LINS; SANTOS, 2011). Na incineração, ocorre a decomposição dos resíduos orgânicos sólidos e líquidos e que são transformados principalmente em CO₂ e H₂O em temperaturas superiores a 850°C (GIOVANNINI, 2007).

Na UnB, a coleta, transporte, tratamento e disposição final são realizados por uma empresa contratada. Os resíduos inorgânicos líquido e sólidos, resíduos orgânicos não halogenados líquido e sólidos e outros contaminados diversos seguem para coprocessamento; os orgânicos

halogenados líquido e sólido e pesticida são incinerados e as soluções aquosas, inorgânico alcalino líquido e sólido são encaminhados para a estação de tratamento de efluentes (BRASIL, 2011). Na UNICAMP, os resíduos clorados, não clorados, nitrogenados, sulfurados e resíduos sólidos orgânicos são incinerados desde 1994 e, só no ano de 2011, foram 6320 kg (PGR, 2012). Já na UFPR, ácidos, bases, solventes halogenados ou não, cianetos e sais de vários metais é encaminhado para coprocessamento a técnica tem possibilitado a implantação de um programa de gerenciamento factível e de baixo custo (CUNHA, 2001).

A técnica de encapsulamento de contaminantes tem como objetivo produzir uma camada solidificada, diminuir a área superficial na qual pode se dar o transporte dos contaminantes e limitar a solubilidade do contaminante quando exposto a um fluido lixiviante (WILES, 1987).

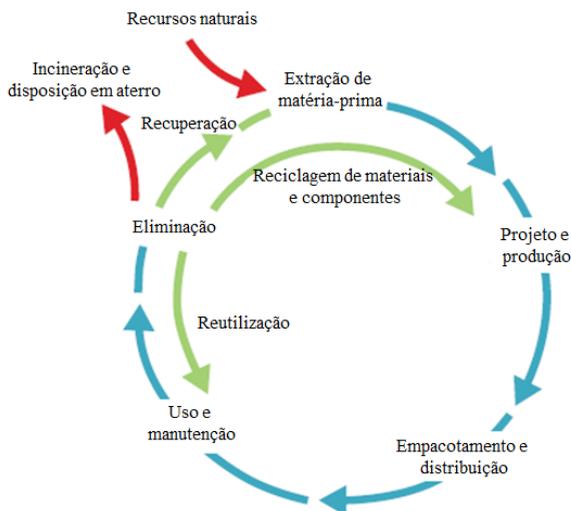
Park (2000) ainda destaca que a tecnologia de estabilização e solidificação emprega um agente cimentante, geralmente cimento, e tem sido empregado há décadas como tratamento final de compostos radioativos e contaminantes químicos. A estabilização se dá por meios físicos e químicos.

E, finalmente, para os rejeitos sem a possibilidade de tratamento, esses são encaminhados para a disposição final em aterro industrial classe I (DI VITTA et al., 2012). Ainda a autora comenta que na USP são enviados para a disposição em aterro os rejeitos de metais pesados.

2.4 PENSAMENTO DO CICLO DE VIDA (PCV)

O conceito do PCV surgiu da necessidade de aumentar a consciência sobre a importância da sustentabilidade nas organizações (XAVIER, et al., 2014). Foi promovido por uma iniciativa da organização *Life Cycle Initiative*, Iniciativa do Ciclo de Vida, conjunta entre o Programa Ambiental da Organização das Nações Unidas (UNEP) e Sociedade de Meio Ambiente, Toxicologia e Química (SETAC) (XAVIER, et al., 2014). Para a UNEP/SETAC *Life Cycle Initiative* (2015) o conceito do PCV é “a expansão do foco tradicional, das fábricas e processos de produção, para todo o restante do ciclo de vida de um serviço ou de um produto”. O serviço ou o produto é analisado de maneira sistêmica, considerando-se todas as suas fases de produção e deslocamentos (IBICT, 2014). Assim, oportunizando melhorias ambientais em todas as fases do ciclo de vida (Figura 3).

Figura 3 - Abordagem do conceito do pensamento do ciclo de vida



Fonte: Adaptado de UNEP; SETAC (2007).

O PCV pode ser entendido como a consciência de que o bom desempenho ambiental de uma unidade isolada da cadeia produtiva não é suficiente para garantir que a mesma tenha sua sustentabilidade garantida; essa condição será atingida apenas se a totalidade dos elos dessa cadeia apresentar desempenho ambiental adequado (SONNEMAN, 2002).

Thabrew, Wiek e Ries (2009) complementam que o conceito do PCV pode ser usado efetivamente para incorporar as partes interessadas no processo de tomada de decisão e que isso pode levar a uma avaliação mais abrangente quando alcançado em colaboração com as partes interessadas. O PCV pode ajudar àqueles que lidam com essa prática, a fazer escolhas. Isto implica que cada agente, em toda a cadeia produtiva do ciclo de vida de um produto ou material, tem uma responsabilidade e um papel a desempenhar, tendo em conta os impactos sobre a economia, meio ambiente e na sociedade (UNEP; SETAC, 2007).

Nesse sentido, o PCV permite gerar subsídios que contribuam para a elaboração e implantação de políticas públicas para a promoção da produção e consumo sustentáveis (FERREIRA, 2009). O PCV reside na capacidade de mudar a percepção dos atores para o problema (LAZAREVIC; BUCLET; BRANDT, 2012). Desse modo, o processo de decisão baseado no PCV conduz a ações mais efetivas, ofertando

uma maior sustentação em longo prazo, com relação aos impactos ambientais. Ainda, Manfredi e Pant (2013) apontam que o PCV pode ser usado para complementar a hierarquia dos resíduos, a fim de identificar a opção ambiental preferível. Nesse ponto a hierarquia dos resíduos serve como um princípio geral.

É importante ressaltar que o PCV não possui uma normatização, como por exemplo, as séries das normas NBR ISO 14000. Outro ponto, percebido na literatura, é que o conceito do PCV é muitas vezes confundido com a realização de estudos em ACV (IBICT, 2014). Luccas (2015) singularmente exemplifica o conceito do PCV e da ACV da seguinte maneira: cada produto que se consome passa por diversas etapas, desde a retirada da matéria-prima da natureza até sua disposição final. Ao longo desse processo, várias intervenções antropogênicas ocorrem. Para isso, temos de conhecer o produto: saber do que é feito, como é produzido, que efluentes pode gerar ao ser produzido, qual o consumo energético durante a utilização e quais as suas opções de destinação final. Esse processo todo, sem que necessariamente seja objeto de uma análise numérica, por meio da ACV, é contemplado pelo chamado pensamento do ciclo de vida. Fields et al. (2014) ainda destaca que a ACV é quantitativa, enquanto o conceito do PCV é qualitativo. Assim o PCV pode ser quantificado de uma forma estruturada e abrangente por meio da ACV (MANFREDI et al., 2011). A ACV é um estudo com base na perspectiva do PCV formalizado, a ACV é realizada de acordo com protocolos reconhecidos e tem como objetivo avaliar impactos do ciclo de vida de um produto ou processo (FIELDS et al., 2014). A ACV em detalhes é descrita na seção 2.6.

2.5 ESTUDOS EM PCV

Nota-se que há uma crescente menção ao PCV em documentos norteadores de políticas públicas, como: compras sustentáveis, agenda da administração pública (A3P) e em normas nacionais, mas ainda poucos estudos têm sido realizados na temática proposta desse trabalho.

No Quadro 2 são apresentados os estudos relacionados ao PCV.

Quadro 2 - Estudos aplicados em PCV

Referência /Título	Resumo
<p>FERREIRA (2009). O Pensamento do Ciclo de Vida como suporte à gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição: exemplo no Distrito Federal e estudos de casos de sucessos no Brasil e no exterior.</p>	<p>O trabalho caracterizou o setor de edificação da construção civil no DF e expôs casos de sucessos nacionais e internacional de gestão diferenciada de RSCD, incluindo diferentes questões que refletiam a situação atual como: quantidade gerada dos resíduos, a ação dos agentes envolvidos na geração, coleta, transporte e destinação final dos resíduos. A metodologia adotada foi por meio de revisão bibliográfica e pesquisas de campo utilizando o método <i>Survey</i> para o levantamento de dados. O autor desenvolveu estudos de casos que possibilitaram diagnosticar os problemas atuais desde a saída do canteiro de obras à disposição final dos resíduos de construção e demolição do DF.</p>
<p>THABREW e RIES (2009). Application of Life Cycle Thinking in Multidisciplinary Multistakeholder Contexts for Cross-Sectoral Planning and Implementation of Sustainable Development Projects</p>	<p>Desenvolveu um quadro metodológico para as partes interessadas baseado no PCV, analisando os impactos ambientais a montante e a jusante. A aplicabilidade do quadro é demonstrada usando exemplos simples extraídos de um estudo de caso, piloto, realizado no Sri Lanka para a reconstrução sustentável de uma aldeia pós-tsunami.</p>
<p>KULCZYCKA (2009). Life cycle thinking in Polish official documents and research: The determination of discount rate for green public procurement</p>	<p>Enfatizou as experiências da Polônia na implementação do PCV em documentos oficiais. A proposta incluiu principalmente os contratos público-ecológicos, rotulagem ecológica, avaliação de novas tecnologias entre outros.</p>
<p>SAHAKIAN (2010). Combining Life Cycle Thinking with Social Theory: Case Study of Compact Fluorescent Lamps (CFL) in the Philippines</p>	<p>Propôs uma abordagem sistêmica atrelada a teoria social no consumo de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas nas Filipinas.</p>

Referência /Título	Resumo
NELEN et al. (2013). Life cycle thinking as a decision tool for waste management policy.	Avaliou alternativas de tratamento para resíduos de pilhas, óleos de fritura usados e resíduos de óleo utilizando a metodologia combinada PCV e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e critérios de viabilidade técnica e econômica.
MANFREDI e PANT (2013). Supporting environmentally sound decisions for waste management with LCT and LCA	O Instituto do Ambiente e Sustentabilidade do Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia desenvolveu diretrizes para fornecer suporte à tomada de decisão em gestão dos resíduos sólidos orgânicos e resíduos da construção e demolição utilizando o conceito do PCV e ACV com o intuito de complementar a hierarquia dos resíduos, conforme a Diretiva da União Europeia, <i>Directive 2008/98/EC</i> . A metodologia se baseia numa árvore de decisão na qual se procura identificar as opções de destinação final ambientalmente preferível e suas possíveis implicações.
BARANDICA et al. (2013). Applying life cycle thinking to reduce greenhouse gas emissions from road projects	Avaliou a emissão de gases de efeito estufa em projetos de construção de estradas sob uma perspectiva do ciclo de vida por meio do estado da arte sobre o assunto.
TSUDA et al. (2013). Prospects and Challenges for Disseminating Life Cycle Thinking towards Environmental Conscious Behaviors in Daily Lives	Examinou as práticas existentes de vários meios de comunicação para determinar a usabilidade de informações com base no PCV, no sentido de promover comportamentos ambientalmente conscientes.
SORATANA et al. (2014). The role of sustainability and life cycle thinking in U.S. biofuels policies	Os autores fizeram uma análise para identificar a abordagem do PCV nas políticas de combustíveis

Referência /Título	Resumo
SIMÕES; PINTO e BERNARDO (2014). Environmental and economic analysis of end of life management options for an HDPE product using a life cycle thinking Approach	Abordaram o PCV na busca do desenvolvimento de produtos sustentáveis apoiado na ACV de lamelas de antirreflexo feito com polietileno de alta densidade (PEAD) e PEAD reciclado.
BIDSTRUP (2015). Life cycle thinking in impact assessment— Current practice and LCA gains	Revisou relatórios de avaliação de impacto ambiental para análise e aplicação do PCV na Dinamarca. No estudo, a aplicação do PCV em relatórios de impacto ambiental foi por meio de um estudo de caso sobre a prática dinamarquesa. Para abordar o PCV o autor utilizou uma estrutura genérica com perguntas. O estudo constatou que foi possível aplicar o conceito do PCV nas avaliações de impacto ambiental.
PELLETIER (2015). Life Cycle Thinking, Measurement and Management for Food System Sustainability	Trouxe a discussão do conceito do PCV para os sistemas alimentares, explorando o estado atual e as perspectivas futuras na sustentabilidade desse sistema.

Fonte: Elaboração própria.

2.6 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

Neste item, é apresentada a metodologia ACV. A NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) são as normas orientadoras dessa metodologia.

2.6.1 Definição de ACV

Conforme a NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) a ACV foi definida como a compilação e avaliação de entradas e saídas de potenciais impactos ambientais dos sistemas de produção por todo seu ciclo de vida. É uma ferramenta para avaliar o impacto ambiental de bens e serviços. Consiste em uma avaliação sistemática que permite quantificar

os fluxos de energia e de materiais no ciclo de vida de um produto ou serviço.

O sistema de produto é o conjunto dos processos que realiza a função do produto (ABNT, 2009a), ou seja, estão incluídas todas as operações ou unidades de processo de cada etapa. Sendo que para cada uma dessas etapas se calculam as entradas (matérias-primas, recursos e energia) e as saídas (emissões atmosféricas, emissões líquidas e resíduos sólidos).

Segundo Chehebe (1998) a ACV é uma técnica para avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto, compreendendo etapas que vão desde a retirada da natureza das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo à disposição do produto final. Conceito conhecido como análise do berço ao túmulo.

A ACV para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos tem sido utilizada para comparar opções específicas de gerenciamento (DENISON, 1996; FINNVEDEN, 1997).

2.6.2 Normatização

A normatização existente para ACV no exterior e o equivalente para o território nacional criado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Normatização da ACV no Brasil

Documento	Descrição	Equivalente ABNT
ISO 14040	Define os princípios da metodologia, seus conceitos e estrutura.	NBR ISO 14040 Princípios e Estrutura (ABNT, 2009a)
ISO 14044	Aborda a estrutura metodológica, apresentando requisitos e diretrizes para a realização de um estudo.	NBR ISO 14044 Requisitos e Orientações (ABNT, 2009b)
ISO TR 14047	Apresenta exemplos de aplicação, especificamente sobre a etapa de avaliação do impacto.	-
ISO TS 14048	Traz considerações quanto ao formato de apresentação dos dados.	-

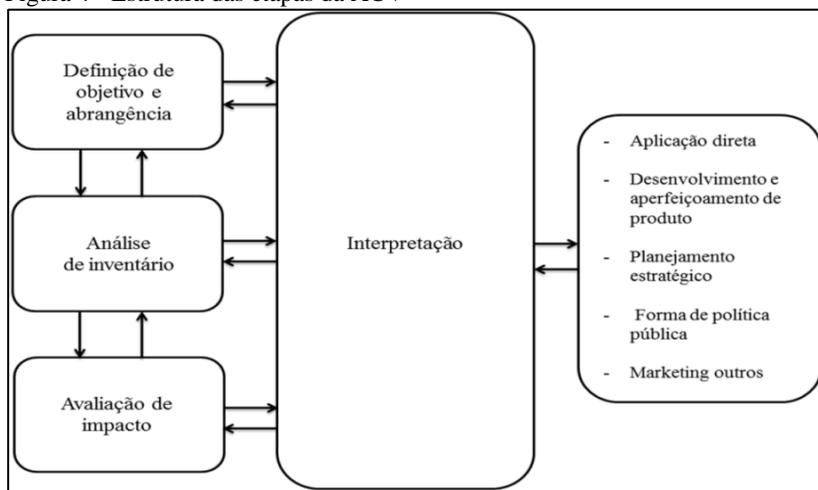
Documento	Descrição	Equivalente ABNT
ISO TR 14049	Fornecer exemplos de aplicação.	-

Fonte: Adaptado de Sousa (2008).

2.6.3 Etapas de uma ACV

A NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) define as etapas metodológicas para o estudo da ACV em quatro fases: (a) definição de objetivo e escopo; (b) análise do inventário; (c) avaliação de impactos e (d) interpretação. Na Figura 4, é apresentada a estrutura das etapas da ACV.

Figura 4 - Estrutura das etapas da ACV



Fonte: Adaptado da NBR ISO 14040 (2009a).

2.6.4 Definição de objetivo e escopo

A NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) preconiza que o objetivo e o escopo de uma ACV devem ser claramente definidos e devem ser consistentes com a aplicação pretendida. Conforme a norma deve ser declarada a (a) aplicação pretendida; (b) as razões para a realização do estudo; (c) o público-alvo; (d) se existe a intenção de utilizar os resultados em afirmações comparativas a serem divulgadas publicamente. O escopo do estudo define principalmente os parâmetros dentre os quais o estudo será feito.

Para a definição do escopo, a NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) indica que alguns itens devem ser considerados e descritos de forma clara. São eles: (a) o sistema do produto a ser estudado; (b) as funções do sistema de produto, ou, no caso de estudos comparativos, dos sistemas; (c) unidade funcional; (d) fronteira do sistema; (e) procedimentos de alocação; (f) requisitos dos dados; (g) hipóteses e limitações; (h) avaliação de impacto e a metodologia a ser adotada; (i) a fase de interpretação e a metodologia a ser adotada; (j) tipo e formato de relatório necessário ao estudo; (l) definição dos critérios para revisão crítica.

2.6.4.1 Unidade funcional

A unidade funcional deve ser coerente com o objetivo e escopo do estudo. O objetivo da unidade funcional é fornecer uma referência em relação à qual os dados de entrada e saída são normalizados, portanto, deve ser clara e mensurável (ABNT, 2009b).

Conforme Reichert (2013) a função de um sistema de gerenciamento de resíduos não é produzir algo, mas sim gerenciar os resíduos gerados. Portanto, a unidade funcional de uma ACV de resíduos é constituída pelos resíduos sólidos de uma área geográfica de estudo. Nesse caso, a unidade funcional se define em termos de entrada do sistema, ou seja, os próprios resíduos (REICHERT, 2013).

2.6.4.2 Fronteira do sistema

A fronteira do sistema determina quais processos elementares devem ser incluídos na ACV. A escolha da fronteira do sistema deve ser consistente com o objetivo do estudo e a escolha dos critérios utilizados na determinação da fronteira do sistema devem ser identificados e documentados.

Quando consideramos o ciclo de vida de um produto, se considera que no inventário a fonte das matérias-primas é o “berço” do produto, e a disposição final do produto é o “túmulo”.

2.6.4.3 Alocação

A alocação é a “repartição de fluxos de entrada ou saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e outro(s) sistema(s) de produtos” (ABNT, 2009a).

2.6.5 Análise de Inventário de Ciclo de Vida (ICV)

A etapa do ICV diz respeito à coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas de um sistema de produto (ABNT, 2009b). É regida e organizada pelas definições de objetivo e escopo assumidas na primeira etapa da ACV, conforme NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b), como a unidade funcional e as fronteiras do sistema.

Ainda, de acordo com a norma a fase de coleta de dados para a construção do inventário é uma etapa que demanda tempo. Os dados coletados podem ser extraídos de medições, calculados ou estimados e esses são utilizados para quantificar as entradas e saídas de um processo elementar (ABNT, 2009b).

Há algumas medidas para garantir a confiabilidade dos dados, como: registro da descrição de cada processo elementar para evitar a dupla contagem ao se validar ou reutilizar os dados coletados; o desenho de fluxogramas gerais de processo que ilustre os processos elementares a serem modelados, incluindo suas inter-relações; descrição detalhada de cada processo elementar com relação a fatores que influenciam entradas e saídas; a lista de fluxos e dados relevantes para as condições de operação associadas a cada processo elementar; lista de unidades utilizadas; descrição de coleta de dados e das técnicas de cálculo necessárias para todos os dados e documentação clara dos casos especiais, irregularidades ou outros itens associados aos dados fornecidos (ABNT, 2009b).

2.6.6 Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV)

A avaliação dos impactos ambientais potenciais associados às entradas e saídas compiladas na fase de inventário é um processo qualitativo/quantitativo de entendimento e avaliação da significância, e opcionalmente, magnitude dos impactos ambientais, baseada nos resultados obtidos na análise de inventário (ARAÚJO, 2013).

A fase de AICV inclui a coleta de resultados dos indicadores para as diferentes categorias de impacto, que em conjunto representam o perfil de AICV para o sistema de produto (ABNT, 2009b).

Conforme a NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) a fase de AICV deverá incluir alguns elementos obrigatórios, tais como: a seleção de categorias de impacto, indicadores de categoria e modelos de caracterização; correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas, classificação e o cálculo dos resultados dos indicadores de categoria, caracterização.

Existem diversas categorias de impacto que podem ser analisadas, como a eutrofização, depleção de recursos abióticos, ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana, aquecimento global, entre outros. A categoria de impacto ambiental aquecimento global é ilustrada na norma como um exemplo de detalhamento da AICV na Tabela 2.

Tabela 2 - Detalhamento da AICV

Termo	Exemplo
Categoria de impacto	Mudança climática
Resultados do ICV	Quantidade de gás de efeito estufa por unidade funcional
Modelo de caracterização	Modelo de linha de base para 100 anos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)
Indicador de categoria	Forçamento radiativo infravermelho (W/m^2)
Fator de caracterização	Potencial de aquecimento global para cada gás de efeito estufa (Kg CO ₂ – equivalentes/Kg gás)
Resultado do indicador de categoria	Kg de CO ₂ – equivalentes por unidade funcional
Relevância ambiental	O forçamento radiativo infravermelho representa os efeitos potenciais sobre o clima, dependendo da adsorção cumulativa de calor pela atmosfera causada por emissões e da distribuição da absorção de calor ao longo do tempo.

Fonte: NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b).

As entradas e saídas do sistema de produto, levantadas no ICV são classificadas e enquadradas segundo as categorias de impacto escolhidas para a ACV. Quando um dado é classificado para uma categoria de impacto ambiental significa que o processo em estudo representa algum consumo ou emissão que cause impacto para tal categoria.

A NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b) aponta alguns elementos como sendo opcionais da AICV: normalização, o agrupamento, a ponderação e a análise da qualidade dos dados. Neste caso pode se utilizar de informações externas à estrutura da AICV. Desde que as informações sejam explicadas e reportadas.

2.6.7 Interpretação

A última etapa de uma ACV é a fase de interpretação dos dados gerados. Na interpretação devem figurar três quesitos: o primeiro é a identificação de questões significativas com base nos resultados obtidos no ICV e na AICV; o segundo, uma avaliação do estudo considerando os elementos opcionais da AICV como análise de sensibilidade e consistência; finalizando com as conclusões limitações e recomendações para o sistema analisado (ABNT, 2009b). É nesta etapa da ACV que é apontado o melhor cenário.

2.7 PENSAMENTO SISTÊMICO (PS)

Neste item é apresentado o que é o pensamento sistêmico. Na sequência são apresentados os níveis de percepção da realidade e a linguagem sistêmica, estes estão na base do PS.

Segundo Capra (2008), os pioneiros do PS foram os biólogos, em 1920, que enfatizavam a concepção de organismos vivos como totalidades integradas. Segundo o autor, em 1940, o termo sistêmico e PS haviam sido utilizados por vários cientistas, mas foram as concepções de Ludwig Von Bertalanffy, autor da teoria geral dos sistemas, em 1968, a qual abordava os temas sistemas abertos e Teoria Geral dos Sistemas, que estabeleceram o PS como um importante movimento científico.

Capra (2008) explica que quem elaborou a “fórmula chave” do PS, de que o todo é mais do que a soma das partes, foi o filósofo alemão Christian Von Ehrenfels, no século XVIII.

Contudo, o PS surge quando o pensamento analítico não consegue ser suficiente para explicar fenômenos altamente complexos, influenciados por contextos e relações ambientais (CAPRA, 2008).

O PS vem exercendo uma forte influência sobre a Engenharia e a Administração desde as décadas de 50 e 60 nas quais as concepções sistêmicas têm sido aplicadas para análise e solução de problemas organizacionais (CAPRA, 2008).

Segundo Andrade et al. (2006), as principais características do PS são as mudanças de ênfase nos seguintes pontos: das partes para o todo, dos objetos para os relacionamentos, das hierarquias para as redes, da causalidade linear para a circularidade, da estrutura para o processo, da metáfora mecânica para a metáfora do organismo vivo e outras não mecânicas, do conhecimento objetivo para o conhecimento contextual e epistêmico, da verdade para as descrições aproximadas, da quantidade para a qualidade, do controle para a cooperação, influência e ação não violenta.

Para Senge (2006) haveria cinco disciplinas fundamentais para a constituição de organizações capazes de aprender de forma generativa e adaptativamente. Senge (2006) define disciplina como um “caminho de desenvolvimento para a aquisição de determinadas habilidades ou competências”.

1. Domínio pessoal - disciplina que permite aprender a expandir a capacidade pessoal para criar os resultados desejados, e criar um ambiente organizacional que estimule todos os seus membros a se desenvolverem na direção das metas e fins escolhidos.

2. Modelos mentais - permite refletir, esclarecer continuamente e melhorar os quadros internos que as pessoas possuem em relação ao mundo, e determinar como eles moldam suas ações e decisões.

3. Visão compartilhada - permite construir um senso de compromisso em um grupo, desenvolvendo imagens compartilhadas do futuro que se deseja criar, e os princípios e práticas orientadas pelos quais se espera conquistar.

4. Aprendizagem em grupo – os indivíduos são a unidade de aprendizagem fundamental nas organizações. Se estas equipes não possuírem capacidade de aprender, a organização também não.

E por fim, a quinta disciplina, é aquela que integra o modelo das cinco disciplinas, o PS. O PS é uma disciplina para ver o todo, ver as inter-relações que moldam o comportamento de sistemas ao invés de eventos isolados.

Andrade e Kasper (1997) destacam o PS como sendo relevante, pois: é a disciplina que dá a sustentação estrutural das demais disciplinas de aprendizagem e; é oriunda de cerca de 40 anos de estudo no campo de conhecimento da dinâmica de sistemas, e sugere que para haver uma compreensão mais ampla das estruturas da realidade seja necessário um novo tipo de pensamento, oriundo de um novo tipo de linguagem.

De maneira geral, o PS, é uma técnica que visa dotar os atores da organização em estudo de uma linguagem poderosa o suficiente para desvendar e representar as estruturas da realidade (BORGES, 2000).

Esta abordagem apresentada por Senge (2006) é uma das principais vertentes do PS e está associada aos trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) possui como obra referencial “A Quinta Disciplina”, escrita por Senge e publicada em 1990. Para colocar em prática as ideias derivadas do PS, Senge (2006) apresenta uma forma de linguagem típica, a linguagem sistêmica.

2.7.1 Linguagem sistêmica

O pensamento sistêmico se utiliza de uma linguagem específica, chamada de linguagem sistêmica. A linguagem sistêmica deve enfatizar características do pensamento sistêmico: estimulando a pensar mais no todo que nas partes; enfatizando mais os relacionamentos que os objetos; entendendo- a como rede; permitindo observar círculos de causalidade; priorizando a dinâmica e os processos; e favorecendo uma visão do mundo como um organismo vivo (ANDRADE et al., 2006). Na Figura 5 é apresentada a notação da língua sistêmica.

Figura 5 - Notação da língua sistêmica

A;B	: Variáveis
\longrightarrow	Relação de causa e efeito
\dashrightarrow	Relação de causa e efeito com atraso
\longrightarrow^+	$\uparrow A \uparrow B$ ou $\downarrow A \downarrow B$
\longrightarrow^-	$\uparrow A \downarrow B$ ou $\downarrow A \uparrow B$
R	Enlace reforçador
B	Enlace equilibrador

Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2006).

Onde:

- A; B: são os elementos chaves da linguagem são chamados de variáveis. Variáveis estão ligadas a possibilidade de medir a ocorrência dos eventos, permitindo ver um comportamento além do nível visível, isso não impede que seja utilizado variáveis qualitativas e subjetivas (ANDRADE et al., 2006). Essas são partes ou elementos componentes de um sistema e em seguida tem-se o relacionamento entre elas. Certas variáveis afetam ou influenciam outras, evidenciando a existência de relação de causa e efeito. Essas variáveis são classificadas em independentes (causadoras) e dependentes (efeitos). “A” influencia “B”. “A” causa “B”. Aumentando “A”, provoca-se aumento (ou redução) de “B”. “Tomamos como exemplo o primeiro item da Figura 6, onde a variável A é “quanto maior a ingestão alcoólica” e a variável B “maior sensação de descontração”.

- \rightarrow e \dashrightarrow : a ligação entre A; B é representado por setas que ligam a causa ao efeito (ANDRADE et al., 2006). As relações de causa e efeito podem ocorrer de forma imediata ou com atrasos no tempo. Uma

relação com atraso é aquela onde o tempo entre o efeito e causa for qualitativamente significativo para fazer a diferença nos resultados (ANDRADE et al., 2006). São representados por dois traços perpendiculares sobre a seta que indica o sentido da relação.

- $\rightarrow+$ e $\rightarrow-$: as relações entre as variáveis podem ser de natureza direta ou inversa. Quando ocorre uma variação em uma variável independente e esta gera uma variação no mesmo sentido na variável dependente, quanto mais “A”, mais “B” ou quanto menos “B” menos “A”, diz-se que é uma relação diretamente proporcional. E, quando ocorre uma variação na variável independente e esta gera uma variação em sentido oposto na variável dependente, quanto mais “A”, menos “B” ou quanto menos “A”, mais “B”, diz-se que esta relação é inversamente proporcional (ANDRADE et al., 2006). Os relacionamentos positivos são indicados com o sinal de “+” no final da seta, ou seja indicando que as duas variáveis são diretamente proporcionais. Já os relacionamentos negativos, indicados com um sinal “-“ no final da seta indicam que as duas variáveis são inversamente proporcionais. As setas podem ser diferenciadas por cores e pelo tracejado da seta que indica o sentido da relação (ANDRADE et al., 2006), sendo opcional. Na Figura 6 é apresentado um exemplo da influência direta e indiretamente proporcional.

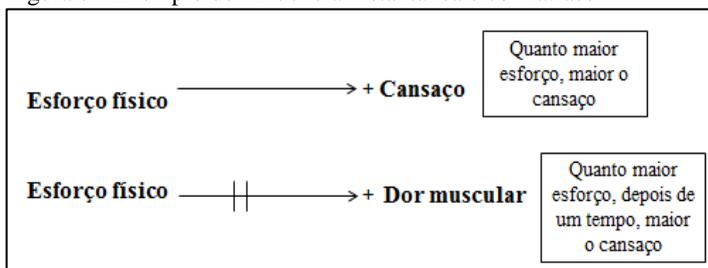
Figura 6 - Exemplo de influência direta e inversa

Quanto maior Ingestão alcoólica	—————→	+	maior Sensação de descontração
Quanto maior Ingestão alcoólica	—————→	-	menor Grau de lucidez
Quanto menor Núm. horas dormindo	—————→	+	menor Descanso
Quanto menor Núm. horas dormindo	—————→	-	maior Sono

Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2006).

Na Figura 7 são apresentados exemplos da relação de atrasos.

Figura 7 - Exemplo de influência instantânea e com atraso



Fonte: Adaptado de Andrade et al. (2006).

- Enlace reforçador (R) e enlace balanceador (B): o pensamento sistêmico utiliza como ferramenta os círculos de causalidade, que são diagramas representativos das relações e funções do pensamento (SENGE, 2006). Essas relações circulares podem se autoreforçar ou se equilibrar. Para Andrade et al. (2006) Essas relações circulares, chamados de círculos de causalidade, são de dois tipos, R e B. O enlace R é responsável pelo processo de crescimento, com comportamento exponencial. Esse enlace é responsável por situações em que as mudanças apoiam-se em si mesmas e pequenas mudanças são amplificadas e transformam-se em grandes mudanças (ANDRADE et al., 2006). O enlace B é responsável pelo equilíbrio, promove a estabilidade, a resistência ou os limites. Gera forças de resistência que limita o crescimento, evita que o sistema perca o seu equilíbrio ANDRADE et al., 2006).

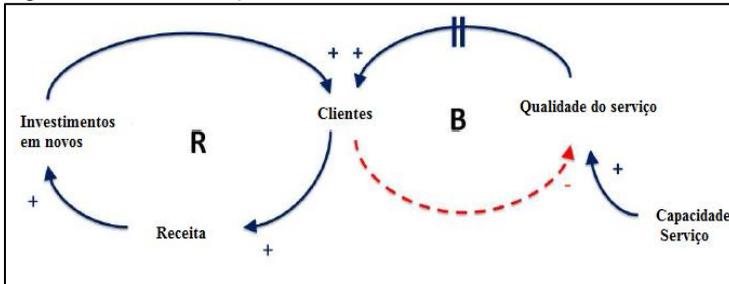
Conforme Andrade et al. (2006) há duas regras para identificar se o enlace é R ou B:

Regra 1: contar o número de sinais negativos ao longo do enlace. Se for par ou zero será um enlace reforçador (R). Se, por outro lado, for ímpar, temos um enlace balanceador (B).

Regra 2: defina a variação, aumento ou redução, de um elemento qualquer e siga identificando as variações ao longo do enlace. Se o enlace tiver como resposta uma variação no elemento de origem no mesmo sentido da variação inicial, reforçando-o, teremos um enlace reforçador (R). Se, por outro lado, tivermos como resposta uma variação no elemento de origem no sentido inverso da variação inicial, teremos um enlace balanceador (B).

Na Figura 8 é apresentado um exemplo do enlace R e enlace B.

Figura 8 - Enlace reforçador “R” e balanceador “B”



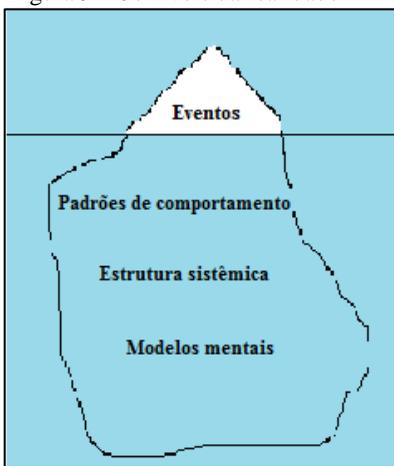
Fonte: Adaptado de Goodman (1991).

O atraso nas relações entre as variáveis ocorreram tanto nos enlaces reforçadores como em enlaces equilibradores. Quando as relações se apresentam com atrasos entre causa e o efeito, há uma tendência das pessoas reagirem com impaciência, normalmente redobrando seus esforços para conseguir o que desejam (NETO, 2010). Este esforço redobrado resulta, em oscilações que podem ocasionar outros tipos de problemas ou reforçar os existentes (NETO, 2010).

2.7.2 Os níveis de percepção da realidade

O modelo dos níveis de percepção da realidade reflete como pode ser compreendido o PS. Este modelo serviu como base para conceituação de um método que permite a ampliação da compreensão de questões sistêmicas, por meio do aprofundamento da percepção (ANDRADE; KASPER, 1997). Os níveis da realidade são comparados a um iceberg e está ilustrado na Figura 9.

Figura 9 - Os níveis da realidade



Fonte: Adaptado de Andrade e Kasper (1997).

Conforme Andrade e Kasper (1997), o entendimento dos níveis da realidade pode ser assim descritos:

a) **Nível dos eventos:** nesse primeiro nível, que é a parte visível do iceberg, eventos estão ocorrendo e sendo percebido pelas pessoas envolvidas no processo e é com base nesses eventos que as pessoas explicam o que está acontecendo, focando somente o problema.

b) **Nível dos padrões de comportamento:** as pessoas, baseadas nos eventos, reagem imediatamente e essa reação os guiará grande parte de suas ações. No entanto, esses eventos são padrões de comportamento, e, para extrapolar o seu limite, é necessário analisar as tendências de longo prazo e avaliar suas implicações.

c) **Estrutura sistêmica:** é a compreensão estrutural da situação abordada; ela indica o que causa os padrões de comportamento, buscando elementos influenciadores. Nesse nível o problema fornece parâmetros que permitem as melhores intervenções em termos de mudança.

d) **Nível dos modelos mentais:** modelos mentais são ideias profundamente arraigadas, generalizações, ou mesmo imagens que influenciam o modo de encarar o mundo, bem como as atitudes das pessoas (SENGE, 1997). Partindo de que estrutura gera comportamento, podemos dizer que este nível influencia os demais na medida em que os modelos mentais dos atores influenciam o seu comportamento de forma a gerar estruturas sistêmicas da realidade. Assim, é preciso identificar

como são gerados e como influenciam as estruturas em questão, para que seja possível compreendê-los.

Dessa maneira, o entendimento da linguagem sistêmica e os níveis de percepção são de fundamental importância na aplicação do método sistêmico.

2.8 MÉTODO SISTÊMICO

O método sistêmico é a aplicação do PS. É um conjunto de passos sistematizados e de maneira organizada que leva a aplicação do PS, de modo que a cada passo se atinjam resultados que servem como entradas nos passos subsequentes (ANDRADE, et al., 2006). A prática do PS permite formas alternativas de raciocínio sobre questões que envolvem complexidade. Senge et al. (1997) não apresentam especificamente um método visando esta prática, no entanto, alguns casos e exercícios sugerem um roteiro de aplicação (ANDRADE et al., 2006; ANDRADE; KASPER, 1997; GOODMAN; KARASH, 1995).

2.8.1 Método sistêmico proposto por Goodman e Karash (1995)

A partir dos níveis de percepção da realidade Goodman e Karash (1995) apresentaram os passos do método sistêmico. O método foi chamado de *Six steps to thinking systemically*, Seis passos para pensar sistematicamente. A sequência organizada e a aplicação de forma sequenciada buscavam soluções para problemas complexos nas organizações em que atuavam. Os passos são os seguintes (GOODMAN; KARASH, 1995):

Passo 1 - Contado histórias: neste passo os participantes são conduzidos a pensar a respeito do problema ao invés de buscar a solução de imediato. Nesta etapa tentam-se fazer com que os participantes mantenham-se focado nos eventos, acontecimentos relevantes sobre o problema.

Passo 2 – Desenhando os gráficos de padrões de comportamento: no passo anterior, a atenção estava no momento atual. Neste passo busca-se conhecer o comportamento das variáveis-chave ligado ao evento em discussão. Assim, os participantes aprofundam a análise chegando ao segundo nível de percepção, onde ligam o presente ao passado.

Passo 3 – Definindo uma declaração de foco: neste passo os participantes são conduzidos a responder o porquê da ocorrência do problema em questão. Assim definindo um foco.

Passo 4 – Identificando a estrutura: neste passo do trabalho, os participantes, grupo, desenham a estrutura sistêmica que estão gerando os padrões de comportamento que foram identificados no passo 2. Nessa etapa é realizada a correlação entre as variáveis para a confecção da estrutura. Os participantes nesta etapa atingem o terceiro nível de percepção.

Passo 5 – Aprofundando as questões: uma vez que os participantes adquiriram um razoável nível de entendimento do que está acontecendo, eles passam do entendimento para a ação. Os autores sugerem que quatro áreas devem ser conhecidas: a finalidade do sistema, os modelos mentais, o sistema maior e o papel individual na situação em questão.

Passo 6 – Plano de intervenção: o conhecimento formado até este passo é usado para projetar soluções que influenciarão a estrutura produzir os resultados pretendidos. Neste passo podem ser adicionadas novas relações e variáveis a estrutura sistêmica montada, ou do contrário, retirar ligações.

São necessários que sejam realizados experimentos mentais ou simulados em computador que possam testar seu efeito antes de qualquer inclusão e exclusão de relações das variáveis (GOODMAN; KARASH, 1995).

2.8.2 Método sistêmico proposto por Andrade et al. (2006)

Andrade (1997); Andrade et al. (2006) amplia e detalha a proposta de Goodman e Karash (1997), incluindo ferramentas de modelagem da dinâmica de sistemas. O método proposto por Andrade et al. (2006) é composto por nove passos.

2.8.2.1 Passo 1 – Definir uma situação complexa de interesse

Neste passo o objetivo é definir uma situação de interesse. Conforme os autores, uma situação problemática ou de interesse estratégico.

Senge et al. (1997) considera esta etapa a direcionadora do estudo. Durante o desenvolvimento do método o problema central pode ser reformulado. Senge et al. (1997) sugerem alguns itens para chegar nessa situação de interesse, problema:

- a) a questão deve ser importante tanto para os indivíduos quanto para a organização.

- b) o problema deve ser preferencialmente crônico. Não deve ser dado o foco em um evento casual, mas em situações que exista já algum tempo.
- c) a abrangência do problema deve ser limitada.
- d) a história do problema deve ser conhecida, com a possibilidade de ser descrita.
- e) certificar que a descrição do problema é a mais exata possível.
- f) ao enunciar um problema, deve-se evitar de tirar conclusões precipitadas, sugerindo uma solução logo no início.
- g) se possível, escolher um problema que tenha sido atacado anteriormente, com pouco ou nenhum sucesso.
- h) evitar o julgamento.
- i) evitar a solução clássica de problemas, definindo o problema e rapidamente apresentando soluções.

2.8.2.2 Passo 2 - Apresentar a história por meio de eventos

O objetivo desta etapa é se aprofundar no primeiro nível de percepção da realidade, o nível dos eventos, citada no item 2.7.3. Um evento é um acontecimento perceptível no comportamento de um elemento, situado em um momento ou intervalo de tempo definido (BORGES, 2000).

O importante nesta etapa é trazer à tona a história ou as histórias subjacentes ao problema definido (BORGES, 2000).

2.8.2.3 Passo 3 - Identificar as variáveis-chave

A partir da lista obtida no passo 2, pode-se identificar quais variáveis estão aparente na situação de interesse. Como um evento é uma variação percebida no comportamento de pelo menos uma variável, cada evento sugere a existência de pelo menos uma variável importante atuando na questão (ANDRADE et al., 2006). O resultado desse passo é

uma lista de variáveis-chave, não superior em quantidade de 25. Essa lista representa algumas forças importantes em atuação na realidade.

Senge et al. (1997) dão dicas de como obter um conjunto amplo de fatores-chave:

- a) como o problema seria visto do ponto da alta direção? Que fatores seriam visíveis neste nível?
- b) como o problema poderia ser visto na perspectiva de um funcionário? Que fatores seriam visíveis nesse nível?
- c) como outras pessoas interessadas veriam os fatores-chave?
- d) pode você identificar fatores que o grupo, pessoas criaram?

2.8.2.4 Passo 4 - Traçar os padrões de comportamento

Nesta etapa o nível dos padrões de comportamento, metáfora do iceberg, é aprofundado. Os dados são coletados para compor uma série histórica. Borges (2000) relata que não é necessário traçar curvas baseadas em dados acurados. Nessa etapa as projeções ficam mais claras.

2.8.2.5 Passo 5 – Desenhar o mapa sistêmico

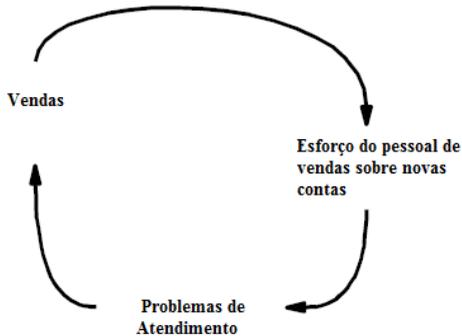
Neste passo, o objetivo é identificar as relações causais entre os fatores, a partir da comparação das curvas, hipóteses preliminares, intuições e conhecimento especializado a respeito das influências recíprocas, desvendando as estruturas sistêmicas.

O mapa sistêmico, local onde se mapeiam as variáveis e as relações de causa e efeito entre elas, é construído a partir da linguagem sistêmica. Enquanto mapa da realidade permite encontrar as causas estruturais dos padrões de comportamento, permite ainda localizar pontos de alavancagem para ação eficaz e sustentada (ANDRADE et al., 2006).

É utilizado nesta etapa o diagrama de enlace causal, dando um caráter formal de sistema ao estudo. As conexões formadas no diagrama não existem isoladamente. Elas sempre compreendem um círculo de causalidade, um “enlace” de realimentação, em que todo o elemento é tanto, causa quanto efeito – influenciado por alguns, e influenciando outros (BORGES, 2000).

Senge et al. (1997) sugere como expor um caso a partir de um enlace, a partir da Figura 10.

Figura 10 - Exemplo de relação circular de causa e efeito



Fonte: Adaptado de Senge et al. (1997).

- inicia-se em qualquer lugar, escolhendo um elemento de preocupação mais imediata. Para o exemplo da figura: as vendas estão caindo.
- qualquer elemento pode subir ou descer em vários pontos no tempo. Usa-se uma linguagem que descreva o movimento: à medida que o nível de vendas sobe, desce, melhora, aumenta, diminui entre outros.
- descrever o impacto que este movimento produz sobre o elemento seguinte. À medida que o nível de vendas desce o volume de esforço para vender novas contas sobe.
- continuar voltando de onde partiu. Voltando-se a figura esta questão seria, quando desce o nível de vendas sobe o volume de esforços para vender novas contas. Então o nível de atendimento cai, e que consequentemente influencia as vendas a continuar a cair.
- os modelos mentais são testados individual ou compartilhados, assim esclarecendo a realidade de uma maneira coletiva.

2.8.2.6 Passo 6 – Identificar modelos mentais

Neste passo são identificados os modelos mentais presentes. Neste passo, identificam-se os principais atores e, a seguir, identificam-se seus modelos mentais que mais afetam a realidade em questão.

É opcional adicionar esses modelos mentais ao mapa sistêmico como novas variáveis (ANDRADE et al., 2006).

2.8.2.7 Passo 7 – Realizar cenários

Esta etapa tem o propósito de prospectar caminhos. Preparam-se estratégias para atuar de acordo com essas alternativas futuras. Entretanto, a construção dos cenários passa por listar novos pontos e classificá-los em elementos predeterminados, onde se tem uma visão clara de como essas forças se desdobrarão no futuro, e incertezas críticas, são forças para as quais não se tem uma ideia muito clara sobre seus desdobramentos no futuro. As forças motrizes são representadas pelos múltiplos enlaces de reforço e balanceadores da realidade atual (ANDRADE et al., 2006).

2.8.2.8 Passo 8 – Modelar em computador

Obtendo uma representação de certo consenso, pode-se transformar o diagrama de enlace causal da situação em diagrama de fluxo, que possibilita modelar o sistema em computador. A vantagem do uso do computador relaciona-se à possibilidade de alterar parâmetros ou simular a passagem do tempo, além de avaliar as influências mútuas de uma maneira dinâmica.

Esta etapa não é considerada essencial para o desenvolvimento do estudo, mas quando feita enriquece o trabalho, possibilitando uma reavaliação.

2.8.2.9 Passo 9 – Definir direcionadores estratégicos, planejar ações e reprojeter

Reprojeter o sistema significa planejar alterações na estrutura visando alcançar os resultados desejados, considerando as consequências sistêmicas destas alterações (NETO, 2010). Neste caso, podem ser adicionados novos elementos ou novos enlaces ou mesmo quebrar ligações que produzem impactos indesejáveis.

O fundamental do PS é o “Princípio da Alavancagem”, isto é, descobrir onde as ações e mudanças na estrutura podem trazer resultados significativos e duradouros (BORGES, 2000). Na maioria das vezes, ela segue os princípios da economia dos meios, aonde os melhores resultados não vêm de medidas em grande escala, mas de pequenas ações bem focalizadas (SENGE et al., 1997).

2.9 ESTUDOS APLICADOS EM PS

Quando os resíduos são vistos como parte de um sistema, e a relação desses com as partes, o potencial de melhoria na gestão aumenta (MARSHALL, 2013). O PS na gestão de resíduos o torna extremamente efetivo na busca de soluções para problemas complexos.

Nesse intuito, no Quadro 3 são apresentados estudos aplicado ao PS.

Quadro 3 - Estudos aplicados em PS

Título	Resumo
WANG, JONES e LING (2014). Systemic Thinking on Services Science, Management and Engineering: Applications and Challenges in Services Systems Research	Os autores realizaram um estudo teórico sobre questões sistêmicas em serviços e engenharia, operações de serviços e serviços de gerenciamento de sistemas e operações.
DYK e PRETORIUS (2014). A systems thinking approach to the sustainability of quality improvement programmes	O estudo apresentou a abordagem de sistemas para a sustentabilidade, focando a gestão operacional em uma indústria de fabricação de engenharia pesada.
PARABONI, RODRIGUES e SERRANO (2014). Systemic evaluation of the possible launch of new university products: An approach based on Systems Thinking	Aplicou o PS durante o processo de desenvolvimento de um novo curso de graduação tecnológica em uma IES.

Título	Resumo
<p>MARSHALL e FARAHBAKHSI (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries</p>	<p>O estudo abordou o PS na gestão integrada de resíduos sólidos em países em desenvolvimento.</p>
<p>ROTHER e DEUS (2012). A utilização do Pensamento Sistêmico como apoio à análise de fatores que influenciam o desempenho de uma empresa de prestação de serviço</p>	<p>Aplicou o PS na análise de fatores que influenciam o desempenho na área de prestação de serviços.</p>
<p>WANG et al. (2011). Water resources planning and management based on system dynamics: a case study of Yulin city</p>	<p>O estudo teve como o foco o PS para a gestão da água tendo como estudo de caso a cidade de Yulin.</p>
<p>KAPSALI (2011). Systems thinking in innovation project management: A match that Works</p>	<p>O estudo abordou de forma teórica o uso do pensamento sistêmico em projetos de gerenciamento de projetos.</p>
<p>SEADON (2010). Sustainable waste management systems</p>	<p>O estudo abordou de forma teórica o uso do pensamento sistêmico na gestão de resíduos.</p>
<p>SHAHBAZBEGIAN e BAGHERI (2010). Rethinking assessment of drought impacts: a systemic approach towards sustainability</p>	<p>Usando uma abordagem sistêmica, o trabalho desenvolveu um método de identificação das estruturas dinâmicas responsáveis pelas consequências das secas.</p>

Título	Resumo
CRESCITELLI e FIGUEIREDO (2010). Uso de Diagramas Causais na Construção de um Modelo de <i>Brand Equity</i>	Aplicou os diagramas causais na construção de um modelo de <i>brand equity</i> .

Fonte: Elaborado própria.

São várias as linhas de pesquisa que nos últimos anos vem aplicando o método do PS: na área da saúde, produção, processos, entre outros. Entretanto, não foi encontrado na literatura nenhum trabalho com a aplicação do método sistêmico em gestão de resíduos químicos em IES.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O conceito do PCV inicia-se com o reconhecimento que há uma interdependência entre uma fase e outra do ciclo de vida e que está tudo conectado em sistemas cíclicos e que as decisões tomadas numa ponta podem afetar outra (IBICT, 2014). O PCV remete a noção do todo, quer dizer que mais que olhar para uma parte do ciclo de vida é olhar para todas as partes e a relação entre os fatores e as partes que o compõem. Assim, a abordagem do PCV requer pensar de forma sistêmica. A gestão dos resíduos em IES é complexa, exigindo soluções complexas e sistêmicas, principalmente voltadas à prevenção da geração de resíduos (DE CONTO, 2010).

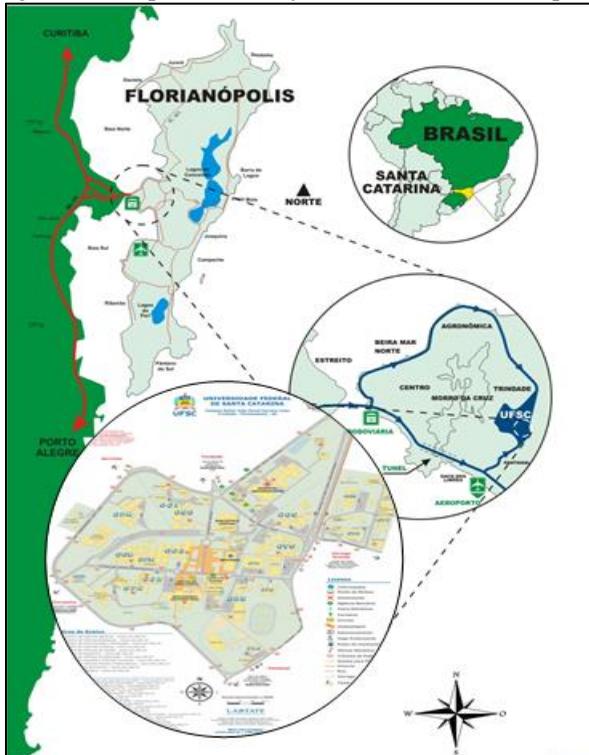
A partir disso, para abordar o PCV nesse sistema complexo que é a gestão dos resíduos químicos em IES, recorreu-se ao PS utilizando o método sistêmico proposto por Andrade et al. (2006). Cabe salientar que grande parte dos trabalhos desenvolvidos na área do PCV são aplicações da ferramenta ACV ou ainda análise dos aspectos positivos e negativos do sistema estudado por meio de aplicações de questionários e estudos de caso. Nesse sentido, esse estudo no que tange o método de obtenção de resultados para o PCV por meio de aplicação de questionários foi similar aquela adotada por Ferreira (2009). Por outro lado, pretendeu-se agregar nesse modelo o método sistêmico (ANDRADE; KASPER, 1997; ANDRADE et al., 2006). A seguir são apresentadas as fases deste capítulo metodológico.

3.1 ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

O estudo foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, campus Trindade, Florianópolis- SC. A Figura 11 indica a localização da universidade no estado de Santa Catarina. A universidade ainda não possui um sistema de gestão integrado e compartilhado de seus resíduos, o que resulta numa limitação do ponto de vista ambiental e legal. No entanto, a UFSC vem desenvolvendo desde março de 2014 um projeto que tem como objetivo final, em maio de 2016, a implantação de um sistema integrado de gestão de resíduos químicos e especiais. Antes do desenvolvimento do projeto algumas ações já eram presentes na instituição. O projeto de caráter interdisciplinar e interinstitucional intitulado “Gestão dos resíduos químicos e especiais na UFSC: da produção à disposição final” (UFSC, 2014) tem como equipe executora professores e alunos de vários departamentos da UFSC como: departamentos de Engenharia Sanitária e Ambiental, Química e

Patologia, e técnicos e administrativos da Coordenadoria de Gestão Socioambiental Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento, (PROPLAN), do setor de Resíduos da Prefeitura Universitária - Pró-Reitoria de Administração – (PROAD) e da Divisão de Saúde e Segurança do Trabalho - Departamento Atenção à Saúde (DAS) da Secretaria de Gestão Pessoas (SEGESP). O projeto tem como objetivo central investigar a viabilidade tecnológica, estrutural, financeira e de pessoal para propor a implantação de um sistema autossuficiente e integrado de gestão de resíduos especiais e químicos para os *Campi* da UFSC. A estrutura organizacional de gestão dos resíduos químicos da UFSC está apresentada na Figura 13.

Figura 11 - Mapa de localização da UFSC em Florianópolis



Fonte: Adaptado de UFSC e Porto (2015).

Nesta dissertação os resíduos químicos são aqueles gerados nos laboratórios resultantes diretamente das práticas laboratoriais da UFSC,

tais como ensaios e procedimentos analíticos, podendo ser perigosos ou não perigosos. Nesta dissertação não foi contemplado a gestão e gerenciamento de resíduos gerados no Hospital Universitário (HU), embora o projeto da instituição o tenha contemplado. Ficam excluídos desta definição, os resíduos de atividades burocrático-administrativas, como papéis, cartuchos de tinta e demais materiais; resíduos de copa, como copos plásticos, vidros, metais e demais tipos de plástico, lâmpadas, pilhas e baterias e eletroeletrônicos, mesmo sendo descartados no ambiente interno do laboratório.

O projeto considerou para a realização do diagnóstico o gerenciamento de resíduos químicos e especiais em 182 laboratórios dos 304 elencados. Na tabela 3 é apresentado o quantitativo e a composição desses resíduos químicos gerenciados no período de 2014 a 2015.

Tabela 3 - Composição generalizada dos resíduos químicos

Item do contrato	Descrição do resíduo	Peso (kg)	%
003	*Reagentes e produtos químicos nos estados líquido e sólido	12343,80	67,23
007	Solventes	2387,30	13,00
005	Sólidos contaminados; resíduos perfurocortantes contaminados com resíduos químicos	2374,20	12,93
001	Formol	1078,30	5,87
004	Tintas, óleo de origem mineral e vegetal	162,40	0,88
010	Quimioterápicos	15,30	0,08
Total		18361,30	100

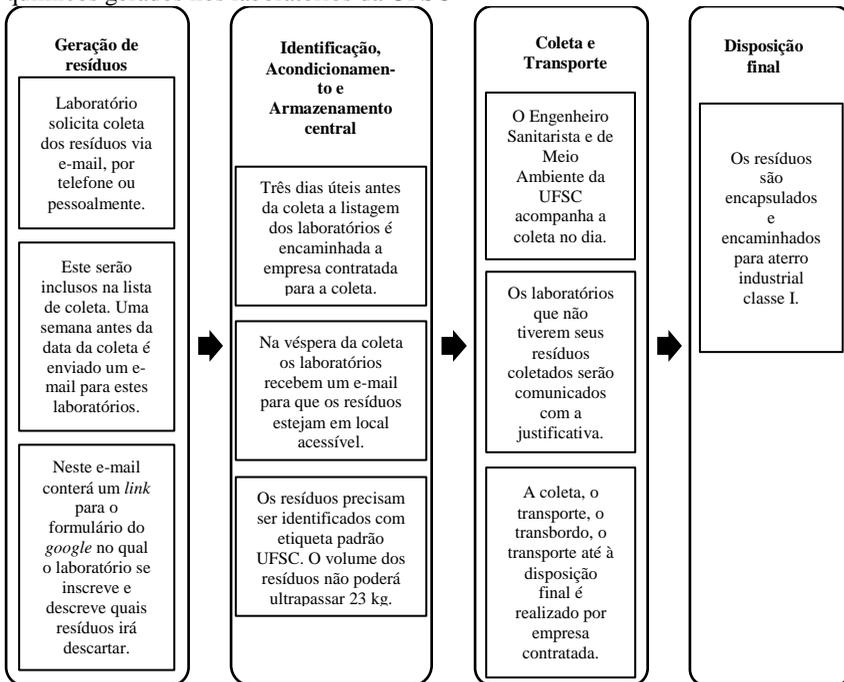
* Líquidos: principalmente ácidos (Clorídrico, Sulfúrico, Nítrico, Bórico), bases (Hidróxido de Sódio, entre outros) e metais (Cádmio, Prata, Cobre entre outros); sólidos: Sílica, Carvão, Sulfato de Sódio Anidro, Cloreto de Cálcio, Hidróxido de Sódio, vidraria contaminada quebrada.

Fonte: Adaptado da planilha de controle de pesos do projeto de resíduos químicos da UFSC (2015).

O diagnóstico da gestão desses resíduos, embora ainda não concluído, aponta inconsistências como: recipientes não retornáveis e encaminhados para tratamento, gerando desperdício de recursos e ineficácia ambiental; inadequação de armazenagem temporária e acondicionamento, em geral decorrência da falta de infraestrutura e do desconhecimento de normas legais e de periculosidade; armazenamento

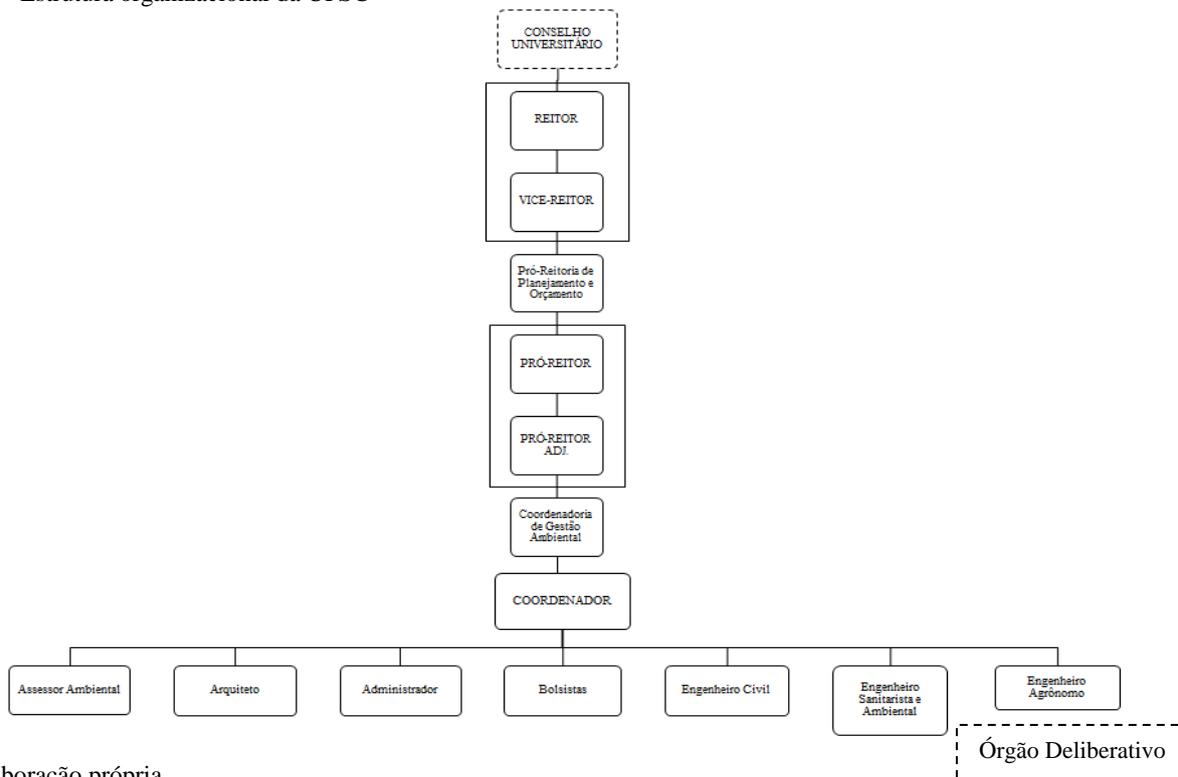
inadequado de resíduos (biológicos com químicos ou até com rejeitos comuns e mobiliários); resíduos acondicionados e depositados em ambientes inadequados (corredores, salas de aula ou de trabalho; áreas externas dos prédios) representado risco ao ambiente e a pessoas; laboratórios com equipamentos de proteção individual (EPIs) e equipamentos de proteção coletiva (EPCs) em muitos casos incompletos ou manuseados (LAURENTI et al., 2015). Pontos positivos identificados: tratamento de reagentes para reuso, diminuição do consumo de reagentes pelo uso de metodologias inovadoras; diminuição de quantidades descartadas; práticas de recuperação de reagentes no ensino (LAURENTI et al., 2015). Na Figura 12 é ilustrado as etapas do gerenciamento desses resíduos na instituição.

Figura 12 - Fluxograma contendo as etapas de gerenciamento de resíduos químicos gerados nos laboratórios da UFSC



Fonte: Elaboração própria.

Figura 13 – Estrutura organizacional da UFSC

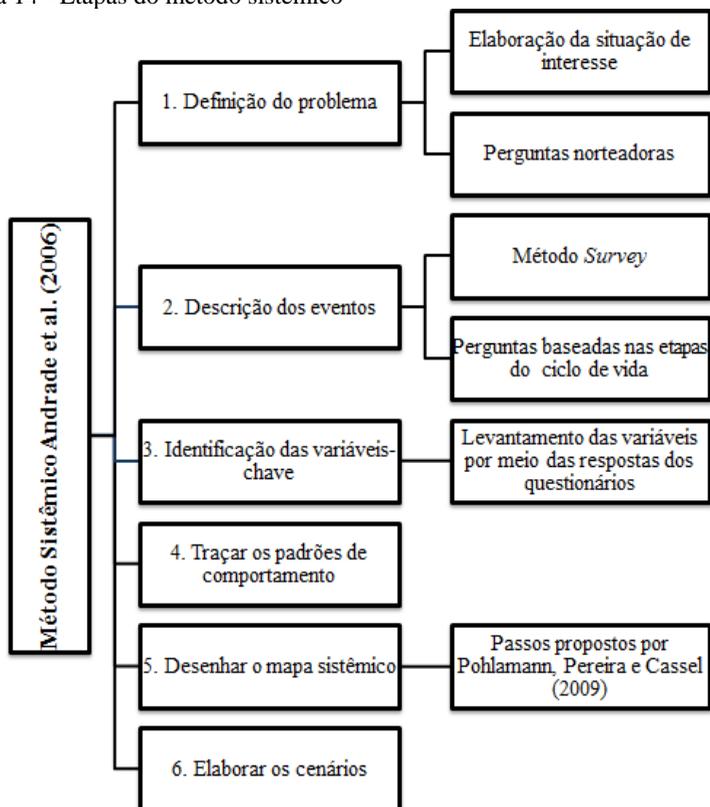


Fonte: Elaboração própria.

3.2 MÉTODO SISTÊMICO

A modelagem são os passos para que se possa aplicar o pensamento sistêmico de forma organizada. Com a utilização do método se pode aperfeiçoar o processo de pensar sistematicamente, o que aprimora a aprendizagem e transforma os modelos mentais desafiando-os à nova realidade (ANDRADE, 2006). A aplicação do método sistêmico ocorreu conforme proposto por Andrade et al. (2006). O fluxo de aplicação do método está descrito na figura 14 e na sequência os subitens que descrevem cada etapa.

Figura 14 - Etapas do método sistêmico



Fonte: Elaboração própria.

3.2.1 Definição do problema

O primeiro passo foi definir qual a situação de interesse ou problema a ser analisado. Esse item foi definido pelo autor do trabalho com base no PCV, nos dados apresentados na tabela 4, nas visitas nos laboratórios geradores, acompanhamento da coleta dos resíduos químicos da universidade, visita ao aterro industrial - local onde são dispostos os resíduos químicos da universidade (exceção dos quimioterápicos) – e baseado na hierarquia na gestão e no gerenciamento dos resíduos preconizado no Art. 9º da PNRS. Então, para fins desse estudo questões norteadoras foram levantadas:

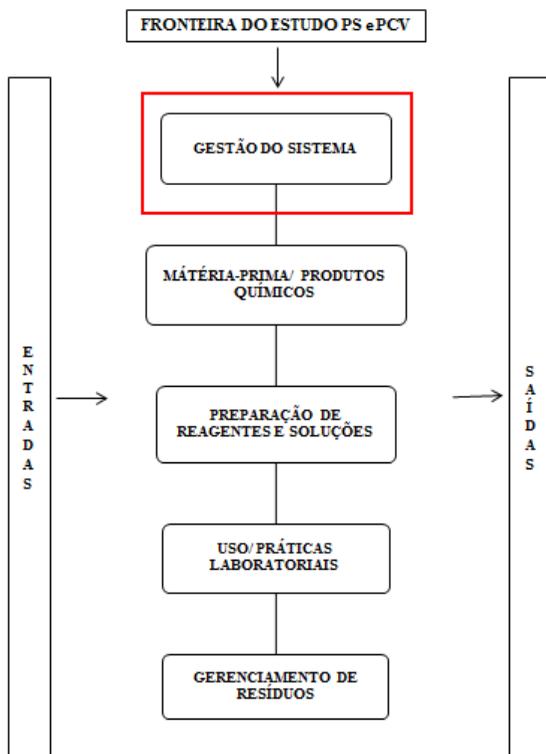
- Quais são as causas que levam grande parte dos resíduos químicos terem como destino o aterro?

- Como reverter o quadro de disposição em aterro de maneira sustentada?

- Como àqueles que desenvolvem práticas laboratoriais são estimulados a repensar seus programas de ensino e/ou projetos no sentido de minimizar o impacto ambiental e a quantidade de resíduos decorrente desses?

Desta forma a figura 15, demonstra as fronteiras do PS e PCV do sistema estudado, compreendendo a gestão do sistema de gestão de resíduos químicos.

Figura 15 – Fronteiras do sistema estudado



Fonte: Elaboração própria.

3.2.2 Descrição dos eventos – análise preliminar dos problemas

Neste item do método é aprofundado o nível dos eventos – problemas - e o período que a situação será analisada. A situação analisada foi o sistema de gestão e gerenciamento dos resíduos químicos da universidade no período de 2010 a 2015.

Para a coleta dos dados foi utilizado o método *Survey* – pesquisa de levantamento. A pesquisa *Survey* é utilizada para obtenção de dados ou informações sobre características, ações, opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população-alvo, por meio de um instrumento de pesquisa, normalmente um questionário (TANUR *apud* PINSONNEAULT; KRAEMER, 1993). É uma pesquisa de levantamento por amostragem e é caracterizado pela fonte em questão. Nesse estudo, as informações são fornecidas por indivíduos

ligados a gestão e o gerenciamento dos resíduos químicos da instituição e os geradores desses resíduos. Foram 15 questionários enviados, para 5 gestores e 10 geradores, desse total 9 responderam o questionário. Para a validação dos dados 2 gestores responderam. Isso pode ter ocorrido em função do período encaminhado dos questionários para os respondentes que coincidiu com o período de férias.

O instrumento utilizado para a coleta de dados consta de um questionário padronizado (APÊNDICE A). As questões foram estruturadas conforme as fases do ciclo de vida: aquisição da matéria-prima - insumos químicos para as práticas laboratoriais-, fase de uso (prática laboratorial propriamente dita) e fase de fim de vida (os resíduos). O objetivo foi identificar os eventos – problemas – nas fases do ciclo de vida.

O questionário foi preparado com questões abertas utilizando o *google docs*, sistema disponível gratuitamente. Esse tipo de questionário é respondido *online*. Este sistema é interessante, pois não identifica o respondente, possibilitando-o que expresse suas opiniões. A solicitação para os respondentes do questionário foi enviada via e-mail apontando o *link* do questionário (APÊNDICE A).

Por fim, foram listados os eventos apontados pelos respondentes e incluído outros acontecimentos obtidos por meio de documentos e relatórios expedidos pelo projeto de resíduos químicos da instituição. Em função disso, a lista de eventos foi validada pelos gestores, na qual fizeram suas recomendações e alterações. No APÊNDICE B encontra-se o formulário de solicitação de validação dos dados encaminhado para os gestores.

3.2.3 Identificação das variáveis-chave

Os dados levantados no item anterior serviram de base nessa etapa. Com base nos resultados das respostas do questionário e principalmente do entendimento dos dados apresentados na pesquisa foi possível a identificação das variáveis iniciais para a compreensão do problema. Essa não é uma etapa simples costuma ser trabalhosa, visto que algumas variáveis serão facilmente encontradas outras não (POHLAMANN; PEREIRA; CASSEL, 2009).

Para o levantamento das variáveis foi realizada a análise dos eventos. Esta lista de variáveis foi validada pelos gestores, na qual fizeram suas contribuições. No APÊNDICE C encontra-se o formulário de solicitação de validação dos dados encaminhado para os gestores. Na identificação das variáveis procurou-se identificar o que contribuía para

um resultado ligado à mudança e que estivesse sujeito a variações. É importante ressaltar que a lista de variáveis elencadas representam algumas das forças importantes em atuação na realidade do sistema de gestão de resíduos da instituição.

O método propõe que não ultrapasse 25 variáveis (ANDRADE et al., 2006). Diante disso, foi realizada uma priorização de variáveis por meio do desdobramento das questões centrais em questões mais focadas. A partir disso, mais uma rodada foi realizada para contribuição dos gestores. Esta solicitação encontra-se no APÊNDICE D. O resultado desta etapa foi uma lista de variáveis-chave que representam algumas das forças em atuação na realidade do sistema.

3.2.4 Traçar os padrões de comportamento e desenhar o mapa sistêmico

Neste ponto do método procura-se explicar como os elementos se influenciam, causando os padrões de comportamento. É nesta etapa que o momento visual do método é apresentado. Assim sendo, identificar os modelos mentais que estão por trás da estrutura de pensamento e das variáveis e identificar os atores e agentes que afetam a realidade. O mapa foi apresentado em linguagem sistêmica. Quanto à intensidade desses relacionamentos foi representado com setas contínuas.

Para estabelecer a construção do mapa, bem como representar a relação das variáveis-chave foi utilizado os dez passos proposto por Pohlmann, Pereira e Cassel (2009):

- 1 - Escolher uma variável;
- 2 - Encontrar uma correlação significativa;
- 3 - Traçar os dois gráficos;
- 4 - Testar se há relação de causa e efeito;
- 5 - Uma variável influencia outra (direta ou indiretamente)?
- 6 – Ambas são influenciadas, há uma variável em comum?
- 7 – É apenas uma coincidência?
- 8 – Desenhar as relações no mapa sistêmico;
- 9 – Voltar ao passo 2 até a última correlação significativa;
- 10 – Voltar ao passo 1 até a última variável importante.

O produto final desta etapa foi o mapa da realidade da gestão e gerenciamento dos resíduos químicos da instituição.

3.2.5 Cenários

As forças motrizes são representadas pelos múltiplos enlaces de reforço e balanceadores da realidade atual (ANDRADE et.al., 2006). A partir dos enlaces identificados no mapa sistêmico foram elencados os cenários futuros, ou seja, sugestões de ações para a melhoria do sistema.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O alcance dos resultados ocorreu primeiramente com a definição do objeto de estudo, seguido da ordem de execução do método sistêmico, onde, estabelecido o problema de interesse, foram descritos os eventos – problemas, por meio do método *Survey*. Foram identificados, primeiramente as variáveis-chave e os padrões de comportamento, seguido da construção do mapa sistêmico.

O resultado obtido nesta última etapa, mapa sistêmico, permitiu identificar os cenários gerados para o alcance dos objetivos propostos na pesquisa, a fim de chegar a uma conclusão singular, acrescida de recomendações.

4.1 DESCRIÇÃO DOS EVENTOS

Esta etapa corresponde a coleta de dados. Neste presente trabalho eles foram coletados por meio do método *Survey*, aplicação do questionário, para os gestores e geradores de resíduos químicos.

4.1.1 Descrição dos eventos – análise preliminar dos problemas

Tendo como premissa as questões norteadoras:

1. Quais são as causas que levam grande parte dos resíduos químicos serem dispostos em aterro?
2. Como reverter o quadro de disposição em aterro de maneira sustentada?
3. Como àqueles que desenvolvem práticas laboratoriais são estimulados a repensar seus programas de ensino e/ou projetos no sentido de minimizar o impacto ambiental e a quantidade de resíduos decorrente desses?

Buscou-se identificar os eventos que poderiam apoiar o processo de compreensão dessas questões. A etapa da descrição dos eventos, análise preliminar dos problemas, foi conduzida pelo levantamento de dados por meio do questionário aplicado aos gestores e geradores. Esse instrumento conduziu os gestores e geradores a relatarem os problemas baseado nas fases do ciclo de vida. Neste trabalho, como horizonte, foi definido o período do ano de 2010 a 2015, no entanto, percebeu-se por meio dos relatos dos respondentes que o início do entendimento histórico da situação representaria em anos anteriores a 2010.

O Quadro 4 apresenta esses eventos tendo como base o período inicial no ano de 1997 com previsões futuras para 2016.

Quadro 4 - Eventos

ANO	EVENTOS
1997	Portaria nº 0320/GR/97, implementa o sistema de gerenciamento de resíduos químicos, com a coleta e a destinação final dos resíduos realizado por empresa contratada, resíduos encaminhado para aterro industrial e incineração.
1997	Departamento de Química pioneiro no sistema de coleta e armazenagem de resíduos químicos na instituição.
2005	Pouco avanço com a Resolução Normativa nº 002/GR/2005, que dispõe sobre o uso de substâncias químicas no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa da UFSC.
2006	Homologação da Resolução nº 009/CUN/2006 adverte sobre a necessidade da observância de normas de saúde e segurança nas atividades de pesquisa com potencial de risco à saúde e segurança.
2010	Homologação da Lei nº 12.305 de agosto de 2010, PNRS, marco para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.
2014	Inicia-se um projeto institucional de resíduos químicos, visando à gestão integrada desses resíduos.
2014	Em outubro, um novo contrato foi firmado para a coleta e destinação dos resíduos químicos com empresa contratada.
2015	Nova coordenação da coordenadoria de gestão ambiental, ligada a PROPLAN.
2015	Apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da UFSC à comunidade universitária.
2016	Novo setor Gestão de Resíduos da Prefeitura Universitária (PU/PROAD).
2016	Consulta pública e publicação do PGRS da UFSC, com capítulo específico para os resíduos especiais (químicos e infectantes).

Fonte: Elaboração própria.

A relação de eventos mostra que houve diversas fases nesse período: uma estruturação inicial, com base em pouca experiência e pouca infraestrutura; mas com referência nas portarias interna; informações precárias, ausência de um setor de gestão estruturado, pouco avanço na gestão e no gerenciamento dos resíduos; novas demandas e expansão do projeto de resíduos químicos.

Os eventos apontados refletiram também algumas características da IES, como o pensamento fragmentado e ação reativa. Kasper (2006) em seus trabalhos de aplicação do método sistêmico identificou que a

maioria das organizações possui igualmente esse tipo de comportamento, impondo soluções pontuais para um problema de vários inter-relacionamentos sistêmicos.

Constatou-se, porém, que esses eventos estavam correlacionados mais fortemente com a correta distribuição das responsabilidades de todos os envolvidos no ciclo de vida dos resíduos químicos do que especificamente na destinação final desses resíduos. A disposição final dos resíduos químicos em aterro industrial está fortemente relacionada com a gestão das fases do ciclo de vida anteriores à disposição.

Assim sendo, os eventos demonstram a existência de variáveis-chave em questão.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS-CHAVE

Um evento é uma variação percebida de uma variável (ANDRADE et al., 2006). Desse modo, nesta etapa foram estabelecidas uma ou mais variáveis-chave que representassem os eventos ou que poderiam embasá-los.

4.2.1 Variáveis - chave

A partir das questões norteadoras e dos eventos levantados na etapa anterior foi possível identificar as variáveis-chave. Uma lista com 38 variáveis foram identificadas. Conforme o método o ideal é que não ultrapassasse 25 variáveis-chave (ANDRADE et al., 2006). Diante disso, foi realizada uma priorização das variáveis. No Quadro 5, são apresentados os eventos e as variáveis-chave identificadas.

Quadro 5 - Variáveis-chave

Eventos	Variáveis
Portaria nº 0320/GR/97, implementa o sistema de gerenciamento de resíduos químicos, com a coleta e a destinação final dos resíduos realizado por empresa contratada, resíduos encaminhado para aterro e incineração.	<ul style="list-style-type: none"> - Geração de resíduos - Segregação de resíduos
Departamento de Química pioneiro no sistema de coleta e armazenagem de resíduos químicos na instituição.	- Nº de laboratórios geradores de resíduos químicos

Eventos	Variáveis
<p>Pouco avanço com a Resolução Normativa nº 002/GR/2005, que dispõe sobre o uso de substâncias químicas no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa da UFSC.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestrutura física - Mão de obra qualificada - Nº de horas de capacitação dos envolvidos - Nº de horas de dedicação a gestão - Envolvimento de professores, alunos, técnicos - Normas e procedimentos
<p>Homologação da Resolução nº 009/CUN/2006 adverte sobre a necessidade da observância de normas de saúde e segurança nas atividades de pesquisa com potencial de risco à saúde e segurança.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nº de acidentes - Nº de doenças ocupacionais - Nº de sinistros (incêndio)
<p>Homologação da Lei nº 12.305 de agosto de 2010, PNRS, marco para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Novas regulamentações - Hierarquia dos resíduos - Responsabilidades aos geradores de resíduos perigosos - Destinação adequada dos resíduos - Plano de gerenciamento de resíduos - Fomento à redução da geração de resíduos
<p>Inicia-se um projeto institucional de resíduos químicos, visando a gestão integrada desses resíduos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dados de geração dos resíduos - Registros dos geradores de resíduos - Registros de compra dos insumos químicos - Normas e procedimentos formais - Motivação por parte da instituição na redução da geração de resíduos químicos - Identificação dos geradores de resíduos - Projetos de ensino pesquisa e extensão
<p>Em outubro, um novo contrato foi firmado para a coleta e destinação dos resíduos químicos com empresa contratada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Organização das informações - Tonelada de resíduo gerado - Geradores de resíduos - Tratamento dos resíduos - Tipologia dos resíduos

Eventos	Variáveis
Nova coordenação da coordenadoria de gestão ambiental, ligada a PROPLAN.	- Organização das informações - Centralização das informações
Apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da UFSC à comunidade universitária.	- Atendimento à legislação - Envolvimento de professores, alunos, técnicos
Novo setor (informal) de Gestão de Resíduos da Prefeitura Universitária (PU/PROAD).	- Gerenciamento da informação
Consulta pública e publicação do PGRS da UFSC, com capítulo específico para os resíduos químicos.	- Atendimento à legislação - Definição de diretrizes para o gerenciamento - Informação para comunidade acadêmica

Fonte: Elaboração própria.

Nesta etapa às questões norteadoras, auxiliaram a priorizar as variáveis-chave, servindo como foco de análise e assim contribuindo nas demais etapas. Os gestores, tendo como critério as perguntas norteadoras definiram as variáveis-chave. Ao aprofundar a análise sobre estas variáveis, verificou-se que elas estão relacionadas a diretrizes e políticas norteadoras para a gestão desse sistema.

No Quadro 6 são apresentadas as variáveis - chave definidas pelos gestores e pela autora. Essas variáveis serão os pontos centrais na elaboração do mapa sistêmico.

Quadro 6 - Variáveis-chave definidas

Variáveis-chave
Definição de diretrizes
Identificação dos laboratórios geradores
Nº de laboratórios geradores de resíduos químicos
Compra de insumos químicos
Práticas laboratoriais
Nº de horas de capacitação dos envolvidos
Normas e procedimentos formais
Atendimento à legislação
Definição das responsabilidades na gestão
Plano de Gerenciamento de Resíduos
Mão de obra qualificada
Tratamento dos resíduos

Variáveis-chave
Infraestrutura
Segregação dos resíduos
Projetos de pesquisa, ensino e extensão
Professores, alunos e técnicos
Tipologia dos resíduos
Fomento à redução da geração de resíduos
Hierarquia dos resíduos
Orientação aos laboratórios
kg de resíduos dispostos em aterro industrial

Fonte: Elaboração própria.

No entanto, após a identificação das variáveis foi deparado com uma situação, não se tinha uma série histórica destas variáveis. A etapa posterior do método seria a identificação de padrões de comportamento destas variáveis, ou seja, como cada variável se comportou no período definido. A solução foi utilizar a experiência dos gestores e da contribuição da autora e com ela elaborar o mapa sistêmico, tendo a geração de resíduos como variável central. Geiger (2006) em seu trabalho contou com experiência dos envolvidos, pois se deparou com a ausência de histórico das variáveis identificadas.

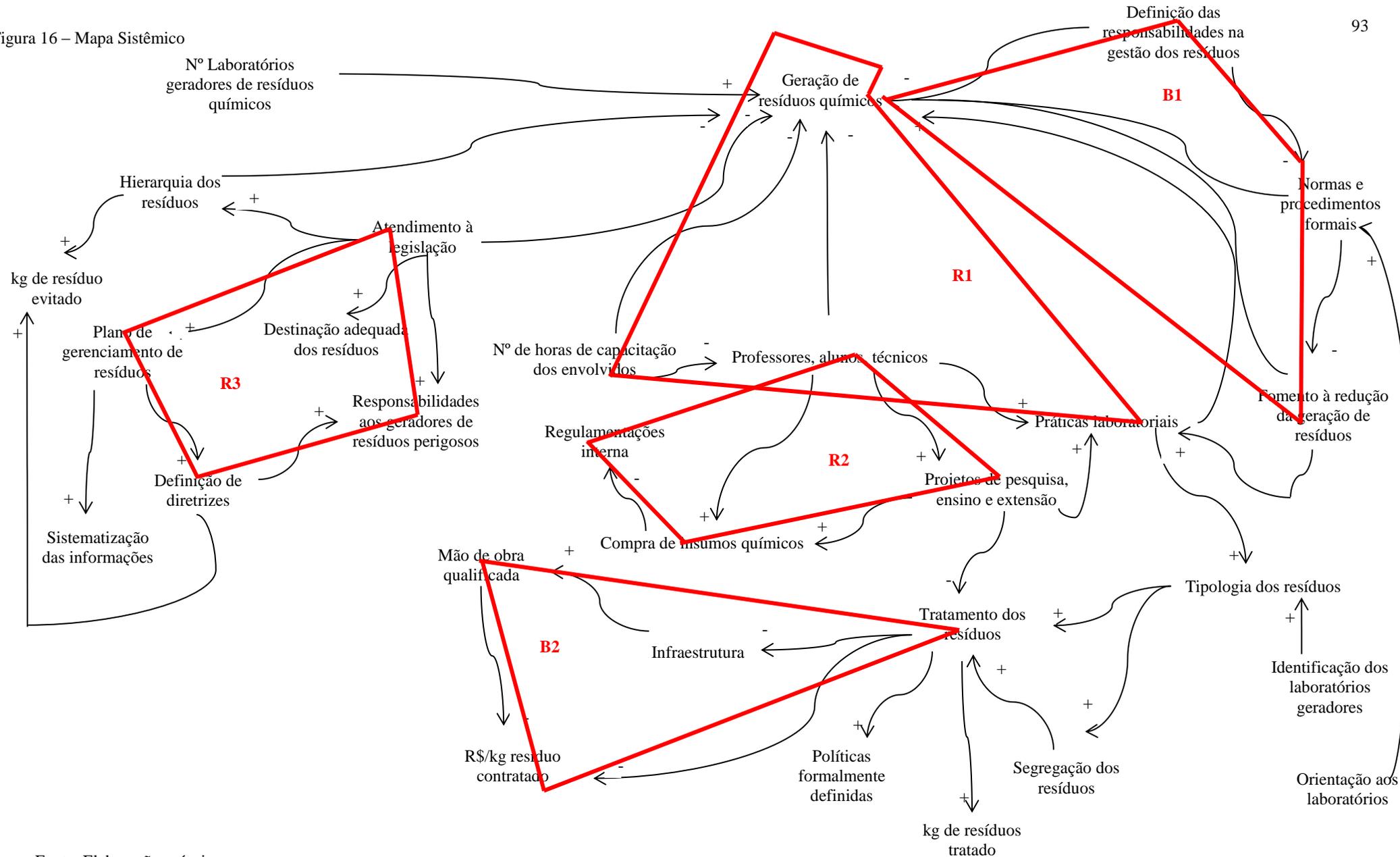
4.3 PADRÕES DE COMPORTAMENTO E O DESENHO DO MAPA SISTÊMICO

Nesta etapa, foram identificadas as relações causais entre as variáveis e construído a estrutura sistêmica que determinou os padrões de comportamento da IES sobre a situação de interesse. O mapa sistêmico foi desenhado a partir destas relações. E, quanto aos padrões de comportamento fizeram-se necessários a expertise dos gestores e da autora do trabalho.

4.3.1 Mapa sistêmico

O mapa sistêmico é apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Mapa Sistemico



Fonte: Elaboração própria.

Tendo como ponto de partida as variáveis-chave e suas correlações foi construído o mapa sistêmico.

O mapa apresentado é fortemente orientado por causas que levam a geração dos resíduos químicos. Trazendo à discussão o que ocorre na maioria das vezes nos processos de tomada de decisão, em simplesmente definir qual a melhor solução para os problemas após a geração dos resíduos. Destacam-se também os diversos agentes nesse sistema, que possuem um envolvimento em todas as fases do ciclo de vida. Fica claro, que a redução dos impactos ambientais pode ser estabelecida em todas as fases desse ciclo.

Outra importante característica a ser observada no mapa são as influências na geração dos resíduos químicos, ocasionadas pela ausência na definição de responsabilidades na gestão, ausência de diretrizes e procedimentos formais definidos para o sistema, ou seja, um sistema de gestão documentado e formalizado onde possa ser estabelecido diretrizes, metas de redução e procedimentos para a implementação, operação e monitoramento, para que todos os agentes cumpram-na. Nesse ponto, cabe destacar os resultados do trabalho de Teixeira et al. (2012) no IPT/USP, modelo de gestão no assunto, os autores implantaram um sistema de gestão e gerenciamento de resíduos de laboratório contemplando as técnicas de manuseio, segregação, acondicionamento, rotulagem e transporte documentado e formalizado juntamente com os agentes do processo e a alta hierarquia daquela instituição, reitor. A definição de procedimentos pautou-se na legislação e normalização ambiental vigente seguindo a estrutura adotada pelo sistema de gestão da qualidade do instituto. O documento teve a função de divulgar os objetivos, as políticas, os procedimentos e as responsabilidades, visando organizar e homogeneizar as atividades necessárias ao bom desempenho técnico e administrativo do instituto.

Outro ponto que merece destaque é o atendimento à legislação. O comprometimento ao atendimento do que já está estabelecido em âmbito legal, é um propulsor para resultados positivos ao sistema. É o caso da hierarquia dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e, por fim, a disposição final ambientalmente adequada, preconizada na PNRS que prioriza ações de prevenção à geração de resíduos, como os citados por Nolasco, Tavares e Bendassoli (2006).

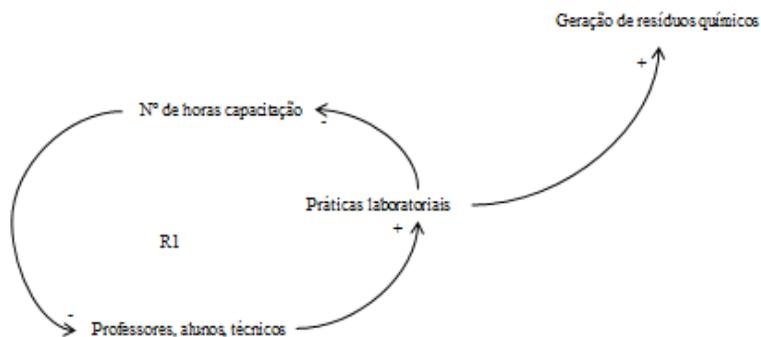
Ao avaliar o enlace R1, apresentado em detalhe na Figura 17, pode-se inferir a existência de duas tendências predeterminadas: a ausência de planejamento para a realização de treinamentos e o aumento da geração de resíduos. A capacitação reduz, logo, os professores,

técnicos e alunos não são motivadas a repensarem suas práticas laboratoriais e continuam a gerar resíduos. E assim, outras variáveis são influenciadas no sistema como observado no mapa.

Os enlaces oportunizam mostrar um círculo vicioso ou virtuoso, gerando os efeitos “bola de neve” (ANDRADE et al., 2006), no caso em questão quanto menos os agentes do processo forem envolvidos/motivados menos o sistema tende a ter o sucesso almejado. O processo de construção da gestão de resíduos na universidade passa pelo envolvimento dos diversos atores do sistema em todas as etapas do ciclo de vida. Entende-se, assim, a necessidade de inserir a dimensão acadêmica no planejamento do sistema de gestão, bem como, definir as responsabilidades e estabelecer uma periodicidade para o acompanhamento e revisão das definições estabelecidas.

Fato este constatado por autores como Lemos et al. (2014); Collovini et al. (2014); Schneider et al. (2012).

Figura 17 - Enlace Reforçador R1



Fonte: Elaboração própria.

Um enlace balanceador é um estado desejado, que ao ser comparado com um estado real, produz uma discrepância (ANDRADE et al., 2006). O enlace balanceador B1 é apresentado em detalhe na Figura 18. A ausência de definição de responsabilidades reduz a elaboração de normas e procedimentos formais para o sistema de gestão, por consequência afeta a redução da geração de resíduos e assim não altera o quadro da realidade atual.

A correta distribuição das responsabilidades de todos os envolvidos no ciclo de vida dos resíduos químicos, desde sua geração até a disposição final, na plenitude da sua hierarquia aparece como um ponto central no enlace em destaque e na totalidade do mapa sistêmico. Teixeira et al. (2012); Silva et al. (2010); Foster (2005) também avaliaram que o sucesso do sistema de gestão e gerenciamento de resíduos químicos depende de todos os agentes.

Figura 18 - Enlace Balanceador B1



Fonte: Elaboração própria.

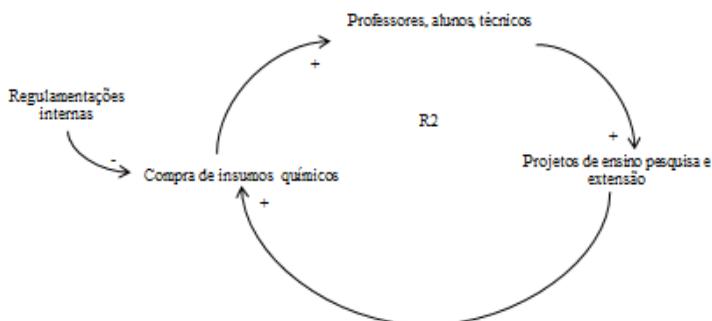
O enlace reforçador R2 detalhado é apresentado na Figura 19.

A fase inicial do ciclo, aquisição de matéria-prima, no caso aqui descrito como compra de insumos químicos foi um ponto bastante debatido pelos respondentes. Ausência de registros dos insumos comprados pelos laboratórios via departamento ou projetos de pesquisa; ausência de orientação aos gestores dos projetos para as reais necessidades em relação à espécie e ao volume de produtos químicos comprados, ausência de informações sobre o tipo de material que é adquirido; foram alguns dos pontos levantados da realidade da gestão.

No mapa, quanto mais é apontado a necessidade de compra de insumos para projetos de pesquisa, ensino e extensão, mais insumos são comprados. A variável, externa é a ausência desses registros/orientações/normas afetando o controle de informações.

A identificação dos insumos adquiridos é de fundamental importância, uma vez que permite acompanhar o consumo e propor ações de melhoria.

Figura 19 - Enlace Reforçador R2



Fonte: Elaboração própria.

À medida que a instituição não se estrutura para tratar seus resíduos diminui a possibilidade de redução nos custos com a disposição final desses. Do ponto de vista econômico, tem-se os custos para implantar ou manter um sistema de gestão de resíduos numa IES. No entanto, reduzindo-se a quantidade de poluentes, estes custos com o tratamento e disposição final também são reduzidos. Fato este corroborado por Alberguini, Silva e Rezende (2005). Na Figura 20 é apresentado o enlace balanceador B2.

Figura 20 - Enlace Balanceador B2

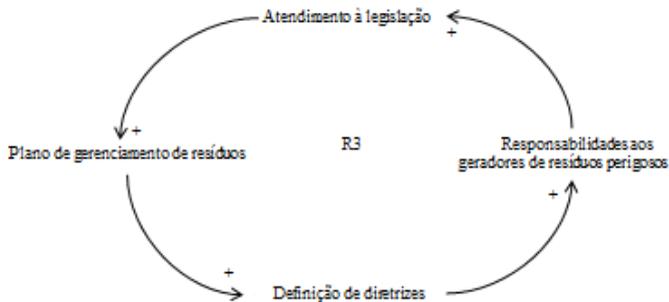


Fonte: Elaboração própria.

No enlace R3, apresentado na Figura 21, pode ser destacado a influência do atendimento à legislação ambiental no sistema de gestão.

A legislação institui a obrigação, a instituição como geradora de resíduos perigosos, no caso específico de resíduos químicos perigosos, se articula para o atendimento, definindo diretrizes e responsabilidades. O PGR da instituição, em andamento, é um instrumento oriundo das obrigações da legislação ambiental, importante marco na definição das diretrizes para o sistema de gestão. Fato este observado no PGRQ (2012) da UNICAMP onde as diretrizes, metas, fazem parte do plano.

Figura 21 - Enlace Reforçador R3



Fonte: Elaboração própria.

Tem-se, a partir do que foi exposto acima, que a redução da quantidade de resíduos químicos e a organização dos setores envolvidos na geração passam pela gestão. O não envolvimento da comunidade acadêmica nessa questão contribui para a não intervenção no problema em questão, ou seja, antes da geração dos resíduos. A gestão desses resíduos faz parte da gestão acadêmica, na promoção de políticas que visem à redução do impacto ambiental das atividades laboratoriais da IES.

4.4 CENÁRIOS

Nesta etapa, são elencadas sugestões de ações para a gestão de resíduos químicos visando um novo cenário para a gestão do sistema. A pretensão nesta etapa foi dar subsídios aos gestores para traçar caminhos futuros, um dos objetivos do PCV.

Nesse sentido, os cenários envolvem a prospecção para o futuro a partir, principalmente, dos enlaces apresentados no mapa sistêmico, ou seja, os cenários apresentados são as ações desencadeadas pelos enlaces.

4.4.1 Cenários para a gestão de resíduos químicos da UFSC

No desenvolvimento do mapa sistêmico constatou-se que os principais enlaces que influenciam a gestão de resíduos químicos da UFSC foram: a ausência de definições das responsabilidades dos agentes em todas as fases do ciclo de vida, a falta de estruturação da gestão de resíduos, sem as quais dificulta um planejamento e estratégia na definição de políticas, diretrizes, normas e metas para um sistema de gestão e a falta do envolvimento da comunidade acadêmica na gestão dos resíduos químicos.

Diante disso, os cenários abaixo elencados trazem sugestões de ações que podem ser tomadas para melhor estruturar a gestão de resíduos químicos da instituição.

i) Cenário 1, trazendo como força o enlace R1 e R2: a ação seria estabelecer um planejamento para a realização de treinamentos e capacitações com os atores do processo.

A redução da geração de resíduos e da minimização dos impactos ambientais passa por aqueles que desenvolvem as práticas laboratoriais em ensino, pesquisa e extensão. Repensar essas atividades no sentido de serem desenvolvidas com o menor impacto ambiental passam pela sensibilização, capacitação e definição de critérios pelas instituições de ensino. Nesse sentido, De Conto (2010) afirma que a motivação das pessoas e a socialização de informações relevantes aumentam a sensibilização ecológica. Além do mais, hoje, não há uma cultura institucional de preocupação com os resíduos químicos, que persistiria mesmo com a grande rotatividade de pessoas dentro da instituição.

ii) Cenário 2, destaca-se o enlace balanceador B1: a ação seria estabelecer procedimentos, normas, diretrizes e definições formais das responsabilidades dos envolvidos em todas as etapas do ciclo de vida.

Esses elementos são critérios para a organização de um sistema de gestão de resíduos. Entende-se, assim, a necessidade de inserir a dimensão ambiental no planejamento da instituição, para que esta seja inserida num documento maior. Segundo Teixeira et al. (2012) o desenvolvimento de procedimentos e medidas administrativas colabora para integração das diversas partes que compõem o sistema.

iii) Cenário 3, destaca-se o enlace balanceador B2: ação seria planejar a segregação dos resíduos de modo que possa viabilizar a reutilização, recuperação e o tratamento.

São diversas as variáveis que influenciam e são influenciadas por esse cenário - recursos financeiros, diretrizes, entre outros.

Alberguini, Silva e Rezende (2005) coloca que o tratamento e a reutilização de produtos químicos traz grande economia à universidade e à saúde pública como um todo.

iv) Cenário 4, destaca-se o enlace reforçador R3: a ação seria atender às legislações inerentes aos geradores de resíduos perigosos.

Nesse contexto dos requisitos legais podemos citar a PNRS, que instituiu a obrigatoriedade aos geradores de resíduos perigosos à gestão e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos seus resíduos destacando prioridades na gestão e gerenciamento dos resíduos como: a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e, por fim, a disposição final ambientalmente adequada, conhecida como hierarquia na gestão dos resíduos (BRASIL, 2010).

Desse modo, os cenários apresentados, bem como os resultados obtidos com a aplicação do método poderão servir de subsídios para repensar a estrutura atual do sistema e auxiliar no processo de tomada de decisão. Esses resultados e sugestões poderão servir de alavancagem, pois são frutos da cadeia complexa de variáveis que se inter-relacionam resultando no mapa sistêmico da realidade. Esses resultados proporcionaram uma visão sistêmica sobre a gestão, abordando as fases do ciclo de vida, atuando principalmente nas fases anteriores à geração dos resíduos como coloca De Conto (2010).

Por fim, o estudo apresentado não tem a pretensão de propor um plano de ação, definir estratégias para a IES ou reprojeter o sistema – planejar alterações na estrutura visando alcançar os resultados – mas, principalmente, contribuir em uma nova forma de pensar, pensar de forma sistêmica e integrada a gestão de resíduos químicos na universidade.

5 CONCLUSÕES

A partir desse estudo, o objetivo principal desta dissertação – avaliar a gestão de resíduos químicos da UFSC aplicando os princípios do pensamento sistêmico e de ciclo de vida – foi alcançado. Esse objetivo foi alcançado e foi possível se chegar a uma avaliação do sistema de gestão de resíduos da UFSC.

Com relação ao objetivo específico “Identificar os problemas observáveis pelos geradores e gestores do sistema de gestão e gerenciamento de resíduos químicos da UFSC” foi possível constatar como gestores e geradores percebem a realidade do sistema de gestão de resíduos químicos da instituição. Deste modo possibilitando a construção do histórico dos eventos do sistema. Assim como em todos os estudos de PS, esta pesquisa permitiu mostrar que os resultados estão restritos às definições dos problemas identificados pelos envolvidos e pelas questões norteadoras.

O objetivo específico “Elaborar um mapa sistêmico da gestão e gerenciamento de resíduos químicos da UFSC, amparado pelos resultados obtidos do método *Survey*”, permitiu constatar que com a aplicação dos dois princípios - pensamento sistêmico e de ciclo de vida - foi possível elaborar o mapa da realidade atual do sistema, identificando principalmente, as principais causas que levam a geração de resíduos e a disposição dos resíduos químicos em aterro, com vistas ao estudo antes da geração desses resíduos.

Foi possível apresentar sugestões para atuação na gestão. Dessa forma, ficou entendida a possibilidade de aplicação do método, mas que há a necessidade de entender que um mapa sistêmico da realidade atual nunca conterà todos os potenciais fatores e enlaces possíveis, pois é um modelo, é uma simplificação da realidade. Não se trata apenas de uma “receita de bolo”, mas sim de uma nova forma de pensar.

Já o objetivo específico “Apresentar sugestões de melhorias para atuação no sistema de gestão de resíduos químicos da UFSC”, baseado em todas as etapas anteriores. Este estudo permitiu sugerir ações, ou cenários baseado nos modelos de percepção da realidade.

As principais considerações dos cenários ou ações sugeridas foram relacionadas a olhar para o futuro do sistema em questão. A pretensão dos cenários foi dar subsídios aos gestores nas tomadas de decisões, mas principalmente, na elaboração de estratégias a curto, médio e longo prazo.

Por fim, a aplicação dos princípios do pensamento sistêmico e de ciclo de vida na avaliação do sistema de gestão de resíduos químicos da

UFSC, permitiram fazer um diagnóstico sistêmico inicial no que tange a gestão desse sistema. Contudo, diante do exposto neste trabalho, seria importante que se investigasse mais a fundo a gestão desse sistema por meio de outros procedimentos metodológicos, assim compreender com mais detalhes o sistema da UFSC e contribuir para o processo de melhoria contínua do sistema.

RECOMENDAÇÕES

Com o desenvolvimento dos estudos apresentados, surgiram algumas recomendações para trabalhos futuros. Os pontos mais relevantes são:

- o estudo não incluiu a etapa de modelagem computacional, que é uma etapa de construção de modelos em *softwares*. Embora sendo opcional, poderia ser utilizado para alterar parâmetros e fazer simulações de cenários.
- os padrões de comportamento não foram traçados por falta de séries históricas das variáveis. Sugere-se redefinir as variáveis para que se consiga estruturar gráficos de longo prazo, pois algumas informações em longo prazo podem levar a informações diferentes daquela de curto prazo.
- no capítulo de revisão bibliográfica foi visto que há a possibilidade de redefinir direcionadores estratégicos e reprojeter o sistema. É uma sugestão propor novos modelos de gestão e aplicar em um estudo de caso.
- foi adotado o método *Survey* para a coleta dos dados, por meio de um questionário estruturado. Entretanto, dos 15 questionários enviados, 5 gestores e 10 geradores, 9 responderam o questionário. Para a validação dos dados 2 gestores responderam. Isso pode ter ocorrido em função do período encaminhado dos questionários para os respondentes que coincidiu com o período de férias. Sugere-se fazer grupo de reuniões ou entrevistas, ou ainda pesquisar outras formas de obtenção de respostas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, J. C. et. al. Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n.1, p. 157-165, 2005.

AFONSO, J. C. et. al. Gestão de resíduos: o testemunho do instituto de química da UFRJ. In: 3º Encontro Nacional de Segurança em Química, 2004, Niterói. **Resumos...1** CD ROM. 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada RDC nº 306, de 7 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/wps/wcm/connect/10d6dd00474597439fb6df3fbc4c6735/RDC+N%C2%BA+306,+DE+7+DE+DEZEMBRO+DE+2004.pdf?MOD=AJPERES> >. Acesso em: 28 dez. 2014.

ALBERGUINI, L.B. A; SILVA, L.C.; REZENDE, M.O.O. **Tratamento de Resíduos Químicos: guia prático para a solução dos resíduos químicos**. 1 ed. São Carlos: RIMA. 2005. 104 p.

ANDRADE, A. L; KASPER, H. Pensamento sistêmico e modelagem computacional: aplicação prática na empresa de trens urbanos de Porto Alegre. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. **Anais...** 1997.

ANDRADE, A. L. Pensamento sistêmico: um roteiro básico para perceber as estruturas da realidade organizacional. **Revista Eletrônica da Administração**, Porto Alegre. 5 ed, v. 3, n. 1, mai/jun. 1997. 30p.

_____. Processo sistêmico. In: **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman. 2006. p. 381– 393.

ANDRADE, A. L. et. al. **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman. 2006. 488 p.

ARAÚJO, V.S. **Gestão de resíduos especiais em universidades: estudo de caso da universidade Federal de São Carlos**. 2002.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002. Disponível em: <
http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.p hp?codArquivo=236>. Acesso em: 28 dez. 2014.

ARAÚJO, M. G. **Modelo de avaliação do ciclo de vida para a gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos no Brasil**. Dissertação (Doutorado em Planejamento Energético) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:<
http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/marcelo_guimaraes.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR ISO 14040: Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2009a.

_____. **NBR ISO 14044: Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações**. Rio de Janeiro, 2009b.

ASHBROOK, P. C.; REINHARDT, P. A. Hazardous wastes in academia. (1985). *Environmental Science & Technology*. Easton, v. 19, n. 2, p. 1150-1155.

BARANDICA, J. M. et.al. (2013). Applying life cycle thinking to reduce greenhouse gas emissions from road projects. **Journal Cleaner Production**. 57, 79 – 91.

BIDSTRUP, M. (2015). Life cycle thinking in impact assessment: current practice and LCA gains. **Environmental Impact Assessment Review**. 54, 72 – 79.

BORGES, M. A. V. **Análise da potencialidade de sinergia entre o pensamento sistêmico e a simulação computacional. 2000**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000. Disponível em:< >. Acesso em: 10 jan. 2016.

_____. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 de jan. 2015.

BRASIL, J. B. F. **Gerenciamento de resíduos químicos perigosos em uma instituição de ensino e pesquisa - estudo de caso: Universidade de Brasília (UnB).** 2011c. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: < http://www.bdtd.ucb.br/tede/tde_arquivos/6/TDE-2012-04-17T063234Z-1309/Publico/Joao%20Batista%20de%20Freitas%20Brasil.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2014.

BRITO, J.S. **Resíduos gerados nos laboratórios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI).**2010. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Paulista, Rio Claro, 2010. Disponível em: < <http://acervodigital.unesp.br/handle/unesp/174484>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

CAPRA, F. A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. 11 ed. São Paulo: Cultrix. 2008. 256p.

CHEHEBE, J.R.B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos:** ferramenta gerencial da ISO 14000. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 104 p.

COLLOVINI, G. T. et.al. Implantação de plano de gerenciamento de resíduos em laboratórios de ensino em química na UFSM. In: XI SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: DESAFIOS PARA IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL, Brasília, **Resumos...ABES**, 2014. Disponível em: < http://www.abes-df.org.br/upload/estudo/2014_10_01/i-062.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Lei nº 358, de 29 de abril de 2005.** Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. Disponível em: <

<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 30 nov. 2014.

_____. **Lei nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em:<
http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2015.

CRESCITELLI, E; FIGUEIREDO, J. C. B. Uso de diagramas causais na construção de um modelo de *Brand Equity*. In: IV ENCONTRO DE MARKETING DA ANPAD. Florianópolis, **Resumos...** 2010.

CUNHA, C. J. O programa de gerenciamento de resíduos laboratoriais do departamento de química da UFPR. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001. Disponível em:<
<http://www.s bq.org.br/publicacoes/quimicanova/qnol/2001/vol24n3/22.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

DE CONTO, S.M. Gestão de resíduos em universidades: uma complexa relação que se estabelece entre heterogeneidade de resíduos, gestão acadêmica e mudanças comportamentais. In: DE CONTO, S.M. (Org.). **Gestão de Resíduos em Universidades**. 1 ed. Caxias do Sul: Educus, 2010. p. 17 – 32.

DEMAMAN, A. S. et al. Programa de Gerenciamento de resíduos dos laboratórios de graduação da universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. **Química Nova**, v.27, n.4, p. 674-677, 2004. Disponível em:<
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422004000400026>. Acesso em: 12 dez. 2014.

DENISON, R. A. (1996). Environmental life cycle comparisons of recycling, landfilling and incineration: a review of recent studies . **Annual Review of Energy and Environment**. 21, 191- 237.

DIJKEMA, G. P. J; REUTER, M. A; VERHOEF, E. V. (2000). A new paradigm for waste management. **Waste Management**. 20, 633 – 638.

DI VITTA, P. B. et al. Gerenciamento de Resíduos no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. In: 2º ENCONTRO NACIONAL DE SEGURANÇA EM QUÍMICA, Porto Alegre, **Resumos...UFRGS**, 1 CD ROM. 2002.

_____. Manuseio de produtos químicos e descarte de seus resíduos. In: HIRATA, M.H., HIRATA, R.D.C., FILHO, J.M., (Ed(s)). **Manual de Biossegurança**. Barueri: Manole, 2012. p. 67-106.

DYK, D. J. V; PRETORIUS, L. (2014). A systems thinking approach to the sustainability of quality improvement programmes. **South African Journal of Industrial Engineering**. 25, 71 – 84.

EUROPEAN COMMISSION. Directive 2008/98/EC, of 19 november 2008. Disponível em:< <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

FERREIRA, S.R.L. **O pensamento do ciclo de vida como suporte à gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição: exemplo no Distrito Federal (DF) e estudos de casos de sucesso no Brasil e no exterior**. 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em:< <http://repositorio.unb.br/handle/10482/5024>>. Acesso em: 27 out. 2015.

FIELDS, T. et.al. Guidance on Life-Cycle Thinking and Its Role in Environmental Decision Making: Sustainable Materials Management. Março 2014. 2ª ed. Disponível em:< <https://www.michaeldbaker.com/wp-content/uploads/2014/03/Guidance-on-Life-Cycle-Thinking-031014.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2015.

FIGUERÊDO, D. V. **Manual para gestão de resíduos químicos perigosos de instituições de ensino e pesquisa**. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química de Minas Gerais, 2006. 364 p.

FINNVEDEN, G. (1997). Valuation methods within LCA - where are the values? **International Journal of LCA**. 2, 163-169.

FONSECA, J.C.L. **Manual para gerenciamento de resíduos perigosos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. Disponível em:<

<http://resgatebrasiliavirtual.com.br/moodle/file.php/1/E->>. Acesso em: 22 dez. 2014.

FOSTER, B. L. (2005). The chemical inventory management system in academia. **Chemical Health & Safety**. v.12, n. 5, p. 21-25, set./out.

GEIGER, A. Competitividade da cadeia automotiva. In: **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman. 2006. p. 381–393.

GERBASE, A. E. et. al. Gerenciamento de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v. 28, n.1, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000100001>. Acesso em: 20 jun. 2015.

GIL, E.S. et. al. Aspectos Técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico-farmacêuticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v.43, n.1, p.19- 29, jan/mar. 2007. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbcf/v43n1/02.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

GIOVANNINI, J.G. et. al. Avaliação das técnicas de precipitação química e encapsulamento no tratamento e destinação conjunta de resíduos líquidos contendo cromo e vidrarias de laboratório. **Rev. bras. de Ciências Ambientais**. n.8, p.10-15, 2007.

GOODMAN, M. **Systems thinking as a language: the systems thinker**. v. 2, n. 3, abr. 1991.

GOODMAN, M; KARASH, R. **Six steps to thinking systematically: the systems thinker**. v. 6, n. 2, mar, 1995.

GOMES, M.G. et. al. Tratamento, Recuperação e Reaproveitamento de Resíduos Químicos Gerados em Laboratórios de Ensino da UFC. **Revista Eletrônica da UFPA**. V.1, n.1. 2013. Disponível em:< http://www.revistaeletronica.ufpa.br/index.php/universo_extensao/articloe/viewArticle/348>. Acesso em: 07 jul. 2015.

IMBROISI, D. et.al. Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco, **Química Nova**, v.29, n.2, p. 404-409, 2006. Disponível em: <
http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=2479>. Acesso em: 10 jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (IBICT). Desenvolvimento sustentável e avaliação do ciclo de vida. Brasília: Ibict, CNI. 2014. 33p.

IZZO, B. M. (2000). Waste minimization and pollution prevention in university laboratories. **Chemical Health & Safety**. v. 7, n. 3, pp. 29-33, mai./jun.

JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, Campinas, v.21, n.05, p.671- 673, dez.1998. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n5/2943.pdf>>.Acesso em: 18 de jun. 2014.

_____. Cartilha para a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos (PGRQ), 2001. Disponível em:<
<http://lqa.iqm.unicamp.br/pdf/Cartilha.pdf> >. Acesso em: 22 dez. 2014.

KAPSALI, M.(2011). Systems thinking in innovation project management: a match that works. **International Journal of Project Management**. 29, 396 – 407.

KASPER, H. Queda na demanda. In: **Pensamento Sistêmico: caderno de campo: o desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade**. Porto Alegre: Bookman. 2006. p. 119 – 127.

KULCZYCKA, J. (2009). Life cycle thinking in polish official documents and research: the determination of discount rate for green public procurement. **International Journal Life Cycle Assessment**. 14, 375 – 378.

LAURENTI, A. et. al. Diagnóstico preliminar da gestão de resíduos químicos e especiais na Universidade Federal de Santa Catarina. In: 7º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS EM UNIVERSIDADES, 2015, Curitiba. **Anais...** 2015.

LAZAREVIC, D; BUCLET, N; BRANDT, N. (2012). The application of life cycle thinking in the context of European waste policy. **Journal of Cleaner Production**. v. 29-30, p. 199 – 207.

LEMOS, B. R. S. et. al. Manejo de resíduos químicos perigosos de um campus universitário no Brasil para fins de transporte, tratamento e disposição final externa. In: V CONGRESO INTERAMERICANO DE RESIDUOS SOLIDOS, 2013, Lima - PER. **Anais....**2013.

LEVADA, J.C. **Gestão e gerenciamento de resíduos químicos e aplicação da tecnologia de destilação na recuperação de solventes orgânicos: estudo de caso reciclagem do xileno**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em:<
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-05122008-105705/pt-br.php>>. Acesso em: 22 dez. 2014.

LIMA, J. D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2001.

LUCAS, F. G. Quem tem medo da ACV? **Revista Página 22**, São Paulo, n. 98, p.40, set/out, 2015.

MANFREDI, S. et. al. (2011). Supporting environmentally sound decisions for waste management with LCT and LCA. **Journal Life Cycle Assessment**. 16, 937-939.

MANFREDI, S; PANT, R. (2013). Improving the environmental performance of bio waste management with life cycle thinking (LCT) and life cycle assessment (LCA). **International Journal Life Cycle Assessment**. 18, 285 – 291.

MARSHALL, R. E; FARAHBAKHS, K. (2013). Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. **Waste Management**. 33, p. 988 – 1003.

MEADOWS, D.H. **Thinking in Systems: a primer**. Earthscan: London, UK, 2008. 235 p.

MISTURA, C.M; VANIEL, A.P. H; LINCK, M.R. (2010).

Gerenciamento de resíduos dos laboratórios de ensino de química da Universidade de Passo Fundo- RS. **Revista CIATEC – UPF**. Passo Fundo, v.2, n. 01, p. 54-64.

NELEN, D. et. al. (2013). Life cycle thinking as a decision tool for waste management policy, **Revue de Métallurgie**. 110, 17 – 28.

NETO, S. L. H. C. **Proposição de um Roadmap para a implantação da abordagem do pensamento sistêmico em organizações**. 2010.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://dspace.unisinos.br/bitstream/handle/UNISINOS/3116/Secundino%20Luis%20Henrique%20Corcini%20Neto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

NOLASCO, F. R; TAVARES, G. A; BENDASSOLLI, J. A.

Implantação de programas de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais em universidades: análise crítica e recomendações.

Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, v.11, n. 02, p. 118-124, abr/jun.2006.

PARABONI, P. B; RODRIGUES, L. H; SERRANO, R. (2014).

Avaliação sistêmica do eventual lançamento de novos produtos universitários: uma abordagem baseada no pensamento sistêmico.

Gestão da Produção. São Carlos, v. 21, n.4, p. 853 – 864.

PARK, C.K. (2000). Hydration and solidification of hazardous wastes containing heavy metals using modified cementitious materials. **Cement and Concrete Research**. 30, 429-435.

PELLETIER, N. (2015). Life cycle thinking, measurement and management for food system sustainability, **Environmental Science & Technology**. 49, 7515 – 7519.

PINSONNEAULT, A; KRAEMER, K. L. (1993). Survey research in Management information systems: an assesment. **Journal of Management Information System**. v.10, n.2, Autumn, 75-105.

POHLAMANN, C. R; PEREIRA, C. G. M; CASSEL, R. A. O
pensamento sistêmico como método para construção do planejamento

colaborativo da demanda. In: XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Salvador – Bahia.

Anais...2009.

PORTO, Marchelly. **Mapa de localização.** Disponível em: <<http://bibliotecarodaviva.wikidot.com/estrutura>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

REICHERT, A.G. **Apoio à tomada de decisão por meio da avaliação do ciclo de vida em sistemas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: o caso de Porto Alegre.** 2013. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/87557>>. Acesso em: 28 out. 2015.

ROCHA, S.D. F; LINS, V.F. C; SANTOS, B.C.E. (2011). Aspectos do coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.** v.16, n.1, p. 1 -10, jan/mar.

ROTHER, F; DEUS, A. D. A utilização do pensamento sistêmico como apoio à análise de fatores que influenciam o desempenho de uma empresa de prestação de serviço. **Universo Acadêmico,** Taquara. v.5, n. 1, jan/dez. 2012.

SAQUETO, K.C. **Estudo dos resíduos perigosos do campus de Araras da Universidade Federal de São Carlos visando a sua gestão.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_arquivos/11/TDE-2010-10-21T084837Z-3348/Publico/3259.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2014.

SAHAKIAN, M. D. (2010). Combining life cycle thinking with social theory : case study of compact fluorescent lamps (CFL) in the Philippines. **Sustainability.** 2, 2349 – 2364.

SCHNEIDER, V. et.al. A gestão ambiental de resíduos químicos na Universidade de Caxias do Sul. In: 3º CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIAS PARA O MEIO AMBIENTE, Bento Gonçalves, **Resumos...2012.** Disponível em:<

<http://www.proamb.com.br/downloads/3ismjc.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

SEADON, J. K. (2006). Integrated waste management: looking beyond the solid waste horizon. **Waste Management**. 26, 1327 – 1336.

_____. (2010). Sustainable waste management systems. **Journal of Cleaner Production**. v. 18, p. 1639 – 1651.

SENGE, P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. 22 ed. São Paulo: Best Seller, 2006. 443 p.

SENGE, P. et. al. **A quinta disciplina: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1997. 543p.

SHAHBAZBEGIAN, M; BAGHERI, A. (2010). Rethinking assessment of drought impacts: a systemic approach towards sustainability. **Sustainability Science**. 5, 223 – 236.

SILVA, A. R. et.al. Gerenciamento de resíduos químicos na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo. In: DE CONTO, S.M. (Org.). **Gestão de Resíduos em Universidades**. 1 ed. Caxias do Sul: Educs, 2010. p. 185 – 206.

SIMÕES, C. L; PINTO, L. M. C; BERNARDO, C. A. (2014). Environmental and economic analysis of end of life management options for an HDPE product using a life cycle thinking approach. **Waste Management & Reserach**. 32, 414 – 422.

SONNEMAN, G. **Environmental Damage Estimations in Industrial Process Chains: methodology development with case study on waste incineration and special focus on human health**. 2002. Tese (Doutorado) – Universitat Rovira Virgili, Espanha, 2002. Disponível em:<

http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/8502/phdthesisguido_wsonnemann.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 nov. 2015.

SORATANA, K. et. al. (2014). The role of sustainability and life cycle thinking in U.S. biofuels policies. **Energy Policy**. 75, 316 – 326.

SOUZA, K. E. **Estudo de um método de priorização de resíduos industriais para subsídio à minimização de resíduos químicos de laboratórios de universidades**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005. Disponível em:< http://www.bdtd.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=558>. Acesso em: 15 dez. 2014.

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

TAVARES, G. A. *et al.* Implantação de uma estação de produção de água deionizada para uso nos laboratórios do CENA/USP empregando resinas de troca-iônica. *Analytica*, São Paulo, n. 10, p. 36-42, abr./maio 2004. Disponível em:< <http://cena.usp.br/residuos/publicacoes/referencia4.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

TEIXEIRA, C.E. et. al. Concepção de um sistema de gestão de resíduos de laboratório: estudo de caso de um instituto de pesquisa. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, v.7, n. 04, p.554-568.2012. Disponível em:< <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/V7N4A4/V7N4A4>>. Acesso em: 10 de jan. 2015.

THABREW, L; WIEK, A; RIES, R. (2009). Environmental decision making in multi-stakeholder contexts: applicability of life cycle thinking in development planning and implementation. **Journal of Cleaner Production**. 17, 67-76.

TSUDA, K; HARA, K; UWASU, M. (2013). Prospects and Challenges for disseminating life cycle thinking towards environmental conscious behaviors in daily lives. **Sustainability**. 5,123 – 135.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP); SOCIETY OF ENVIRONMENTAL TOXICOLOGY AND CHEMISTRY (SETAC). Life Cycle Initiative. **What is life cycle thinking?** Disponível em:< <http://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/whatis-life-cycle-thinking/>>. Acesso em: 27 out. 2015.

_____. **Life Cycle Management: a business guide to sustainability**. 2007. Disponível em:<
<http://www.unep.org/pdf/dtie/DTI0889PA.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS (UNICAMP). **Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR) do Instituto de Química: Plano de Gerenciamento**. São Paulo, 2012. 45 p. Disponível em:<
<http://www.iqm.unicamp.br/sites/default/files/Plano%20de%20Gerenciamento%20de%20res%3ADduos.pdf>>. Acesso em: 08 de ago. 2015.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP). **Normas de Gerenciamento de Resíduos Químicos do Instituto de Química: Gerenciamento de resíduos químicos**. São Paulo, 2012. 19 p. Disponível em:< <http://www.iq.unesp.br/Home/normas-residuos.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). **Projeto gestão dos resíduos químicos e especiais na UFSC: da produção à disposição final**. 2014.

_____. **Mapa da UFSC**. 2015. Disponível em:<
<http://estrutura.ufsc.br/mapa/>>. Acesso em: 10 fev.2015.

_____. **Planilha de controle de pesos do projeto de resíduos químicos da UFSC**. 2015.

_____. **Portaria nº 0320/GR/97**. Sistemas de coleta de resíduos químicos na UFSC.

_____. **Portaria nº 002/GR/2005**. Uso de substâncias químicas no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa da UFSC.

_____. **Resolução nº 009/CUN/2006**. Dispõe sobre a proposição, o acompanhamento e a avaliação das atividades de pesquisa na Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:<
http://propesq.ufsc.br/files/2010/11/Resolu%C3%A7%C3%A3o_009CUN2006-pesquisa.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **The National Biennial RCRA Hazardous Waste Report:**

- based on 2005 data.** 2006. Disponível em:<
<http://www.epa.gov/wastes/inforesouces/data/br05/national05.pdf>>.
Acesso em: 15 jun. 2015.
- _____. **Standards applicable to generator hazardous waste: alternative requirements for hazardous waste determination and accumulation of unwanted material at laboratories owned by colleges and universities and other eligible academic entities formally affiliated with colleges and universities.** Final Rule. Federal Register, v. 73, n. 231, p. 72912 – 72960, 2008.
- VEGA, C. A; BENÍTEZ, S.O; BARRETO, M.E.R. (2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. **Waste Management**. 28, 21 – 26.
- XAVIER, L.S., et. al. (2014). Life cycle thinking in graduate education: na experience from Brazil. **Journal Life Cycle Assessment**. 19, 1433-1444.
- ZANTA, M.Z; FERREIRA, C.F.A., Gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos. In: Prof. Armando Borges de Castilhos Junior, Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. PROSAB, 2004. Disponível em:<
<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em: 05 dez. 2014.
- WANG, S; LING, L; JONES, J. D. (2014). Systemic thinking on services science, management and engineering: applications and challenges in services systems research. **IEEE Systems Journal**. v.8, n.3, p.803 – 820, set.
- WANG, X. J. et. al. (2011).Water resources planning and management based on system dynamics: a case study of Yulin city. **Environment, Development and Sustainability**. 13, 331 – 351.
- WILES, C.C. (1987). A review of solidification/ stabilization technology. **Journal of Hazardous Materials**. 14, 5-21.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Florianópolis, 2015.

Vossa Senhoria está sendo convidado (a), a participar da pesquisa: “Pensamento do ciclo de vida e pensamento sistêmico na gestão de resíduos químicos em Instituições de Ensino Superior”, pela destacada e primordial atividade que exerce no setor de gestão e gerenciamento dos resíduos químicos, o (a) selecionamos para colaborar conosco nessa nossa proposição. Sua participação não é obrigatória, mas gostaríamos de contar com sua colaboração.

Sua participação nessa pesquisa consistirá em responder ao questionário no *link*

https://docs.google.com/forms/d/1OLKRw1PvtfXGcY3rU1140_yb8_14i2CB2rD8rKOTTsI/viewform?c=0&w=1 tendo como objetivo proporcionar dados suficientes, que somados aos dos demais entrevistados, resultarão em um diagnóstico da gestão dos resíduos químicos na instituição sob a ótica do pensamento do ciclo de vida.

As informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo absoluto e total sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a possibilitar sua identificação. Os questionários não serão identificados nominalmente.

O objetivo desse questionário é construir um mapa sistêmico da gestão de resíduos químicos da universidade baseado no conceito do pensamento do ciclo de vida e na abordagem sistêmica.

GESTÃO DE RESÍDUOS QUÍMICOS

OBSERVAÇÕES

1. O questionário será enviado para outros especialistas;
2. Respondendo ao questionário por meio do *link*, não será possível saber quem respondeu;
3. O resumo analisado das respostas do questionário será enviado de volta para os especialistas.

Importante: lembrar que esse questionário deverá ser respondido, levando-se em consideração somente o sistema de gestão e gerenciamento dos resíduos químicos da UFSC, excluem-se os resíduos especiais e o Hospital Universitário (HU).

POR FAVOR, envie a resposta tão logo receba o questionário, pois existem prazos a serem cumpridos.

INSTRUÇÕES

Responda sucintamente o questionário. Faça-o por meio de frases curtas, tópicos, itens ou enumere suas respostas. Para responder o questionário analise o sistema de gestão e gerenciamento de resíduos químicos no período compreendido: 2010 a 2015.

* Obrigatório

PARTE I – GERAL

1. Qual o problema mais estratégico na gestão de resíduos químicos na instituição? *

2. Quais são as lacunas que limitam a instituição a atingir a excelência em gestão de resíduos químicos? *

3. Identifique os pontos negativos e positivos na gestão e gerenciamento dos resíduos químicos da instituição. *

4. Existem políticas formalmente descritas de prevenção de geração de resíduos químicos? *

5. Fique à vontade para descrever algum acontecimento relevante relacionado com os questionamentos acima. Descreva-o de maneira breve e o ano de ocorrência.*

PARTE II – MATÉRIA-PRIMA

1. Você identifica algum ponto de ajuste ou de melhoria no processo (geração de necessidade, planejamento, solicitação e compra) de insumos químicos para os laboratórios? Cite-os.*

2. Baseado na pergunta anterior, qual o ponto mais crítico no processo de compra dos insumos químicos para os laboratórios. Liste os problemas mais críticos, mas não necessariamente os mais urgentes.*

3. Há motivação para a substituição de insumos químicos, visando a prevenção da geração de resíduos químicos?*

4. Fique à vontade para descrever algum acontecimento relevante relacionado com os questionamentos acima. Descreva-o de maneira breve e o ano de ocorrência.*

PARTE III – USO

1. Existem normas, procedimentos ou documentos norteadores formalmente divulgados pela gestão de resíduos da universidade que visem o estímulo ao desenvolvimento de práticas laboratoriais com menor quantidade de reagentes?*

2. Como aqueles que desenvolvem práticas laboratoriais são estimulados a repensar seus programas de ensino e/ou projetos no sentido de minimizar o impacto ambiental e a quantidade de resíduos decorrente desses?*

3. Há a obrigatoriedade de incluir nos projetos de pesquisa a ser desenvolvido a descrição detalhada do tratamento/destinação que será

dados aos resíduos químicos gerados? *

4. Como é realizada a segregação e o acondicionamento dos resíduos químicos? *

5. Fique à vontade para descrever algum acontecimento relevante relacionado com os questionamentos acima. Descreva-o de maneira breve e o ano de ocorrência. *

PARTE IV – FIM DE VIDA

1. Há o conhecimento do custo de disposição final dos resíduos químicos por parte daqueles que desenvolvem práticas laboratoriais, projetos de pesquisa entre outros? Você sabe quem paga a conta? *

2. Como a dimensão do passivo ambiental da instituição (disposição em aterro) é analisada pelos gestores e geradores? *

3. Fique à vontade para descrever algum acontecimento relevante relacionado com os questionamentos acima. Descreva-o de maneira breve e o ano de ocorrência. *

APÊNDICE B – VALIDAÇÃO DOS DADOS - EVENTOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Orientações para validação dos dados

Prezado (a) gestor (a)

Um dos resultados obtidos com o questionário enviado anteriormente foi o apontamento de acontecimentos, que chamaremos de eventos, que visa relacionar eventos relevantes relacionados com a gestão e gerenciamento dos resíduos químicos na instituição. A ideia no quadro abaixo foi listar qualquer evento importante que explicasse a situação atual da gestão e gerenciamento dos resíduos químicos na instituição.

Gostaríamos da sua contribuição para a composição ou alteração dos dados abaixo.

ANO	EVENTOS
1997	Portaria nº 0320/GR/97, implementa o sistema de gerenciamento de resíduos químicos, com a coleta e a destinação final dos resíduos realizado por empresa contratada, resíduos encaminhado para aterro e incineração.
1997	Departamento de Química pioneiro no sistema de coleta e armazenagem de resíduos químicos na instituição.
2005	Pouco avanço com a Resolução Normativa nº 002/GR/2005, que dispõe sobre o uso de substâncias químicas no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa da UFSC.
2005	Registros iniciais disponíveis da pesagem dos resíduos químicos.
2006	Homologação da Resolução nº 009/CUN/2006 adverte sobre a necessidade da observância de normas de saúde e segurança nas atividades de pesquisa com potencial de risco à saúde e segurança.
2008	Últimos registros da pesagem dos resíduos químicos.
2010	Homologação da Lei nº 12.305 de agosto de 2010, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), marco para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.
2012	Registro da retomada da pesagem dos resíduos químicos.

2014	Inicia-se um projeto institucional de resíduos químicos, visando a gestão integrada desses resíduos.
2014	Em outubro, um novo contrato foi firmado para a coleta e destinação dos resíduos químicos com empresa contratada.
2015	Nova coordenação da coordenadoria de gestão ambiental, ligada a Pró-Reitoria de Planejamento e Orçamento (PROPLAN).

APÊNDICE C – VALIDAÇÃO DOS DADOS – VARIÁVEIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Orientações para validação dos dados

Prezado (a) gestor (a)

No último contato compomos e validamos os eventos. Por definição, um evento é uma variação percebida de uma variável. Desse modo, partimos para uma segunda etapa, a identificação das variáveis. O método sistêmico, proposta de trabalho para a pesquisa ocorrerá em etapas, e em cada uma delas faz-se necessário sua contribuição para o resultado final.

Nesta etapa foram estabelecidas uma ou mais variáveis-chave que representassem os eventos ou que poderiam embasá-los. Na identificação das variáveis-chave procurou-se identificar o que contribuía para um resultado ligado à mudança e que estivesse sujeito a variações. No Quadro abaixo são apresentados os eventos e as variáveis-chave já identificadas.

Gostaríamos da sua contribuição na composição dos dados.

EVENTOS	VARIÁVEIS
Portaria nº 0320/GR/97, implementa o sistema de gerenciamento de resíduos químicos, com a coleta e a destinação final dos resíduos realizado por empresa contratada, resíduos encaminhado para aterro e incineração.	- Geração de resíduos - Segregação de resíduos
Departamento de Química pioneiro no sistema de coleta e armazenagem de resíduos químicos na instituição.	- Nº de laboratórios geradores de resíduos químicos
Pouco avanço com a Resolução Normativa nº 002/GR/2005, que dispõe sobre o uso de substâncias químicas no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa da UFSC.	- Infraestrutura física - Mão de obra qualificada - Nº de horas de capacitação dos envolvidos - Nº de horas de dedicação a gestão - Envolvimento de professores, alunos, técnicos

	- Normas e procedimentos
Homologação da Resolução nº 009/CUN/2006 adverte sobre a necessidade da observância de normas de saúde e segurança nas atividades de pesquisa com potencial de risco à saúde e segurança.	- Nº de acidentes - Nº de doenças ocupacionais - Nº de sinistros (incêndio)
Homologação da Lei nº 12.305 de agosto de 2010, PNRS, marco para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.	- Novas regulamentações - Hierarquia dos resíduos - Responsabilidades aos geradores de resíduos perigosos - Destinação adequada dos resíduos - Plano de gerenciamento de resíduos - Fomento à redução da geração de resíduos
Inicia-se um projeto institucional de resíduos químicos, visando a gestão integrada desses resíduos.	- Dados de geração dos resíduos - Registros dos geradores de resíduos - Registros de compra dos insumos químicos - Normas e procedimentos formais - Motivação por parte da instituição na redução da geração de resíduos químicos - Identificação dos geradores de resíduos - Projetos de ensino pesquisa e extensão
Em outubro, um novo contrato foi firmado para a coleta e destinação dos resíduos químicos com empresa contratada.	- Organização das informações - Tonelada de resíduo químico gerado - Geradores de resíduos - Tratamento dos resíduos - Tipologia dos resíduos
Nova coordenação da coordenadoria de gestão ambiental, ligada a PROPLAN.	- Organização das informações - Centralização das informações
Apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da UFSC à comunidade universitária.	- Atendimento à legislação - Envolvimento de professores, alunos, técnicos
Novo setor (informal) de Gestão de Resíduos da Prefeitura Universitária (PU/PROAD).	- Gerenciamento da informação

Consulta pública e publicação do PGRS da UFSC, com capítulo específico para os resíduos químicos.	<ul style="list-style-type: none">- Atendimento à legislação- Definição de diretrizes para o gerenciamento- Informação para comunidade acadêmica
---	--

APÊNDICE D – VARIÁVEIS - CHAVE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Orientações para validação dos dados

Prezado (a) gestor (a)

No último contato compomos e validamos os eventos. Desse modo, partimos para uma terceira etapa, a identificação das variáveis-chave.

Nesta etapa deverão ser estabelecidas as principais variáveis-chave em questão. A partir dessas variáveis será construído o mapa sistêmico.

No Quadro 1 são apresentadas todas as variáveis-chave identificadas e no quadro 2 as variáveis possíveis que farão a composição do mapa sistêmico.

Gostariamos da sua contribuição na composição dos dados.

Quadro 1 – Variáveis-chave

EVENTOS	VARIÁVEIS
Portaria nº 0320/GR/97, implementa o sistema de gerenciamento de resíduos químicos, com a coleta e a destinação final dos resíduos realizado por empresa contratada, resíduos encaminhado para aterro e incineração.	<ul style="list-style-type: none"> - Geração de resíduos - Segregação de resíduos
Departamento de Química pioneiro no sistema de coleta e armazenagem de resíduos químicos na instituição.	<ul style="list-style-type: none"> - Nº de laboratórios geradores de resíduos químicos
Pouco avanço com a Resolução Normativa nº 002/GR/2005, que dispõe sobre o uso de substâncias químicas no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa da UFSC.	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestrutura física - Mão de obra qualificada - Nº de horas de capacitação dos envolvidos - Nº de horas de dedicação a gestão - Envolvimento de professores, alunos, técnicos - Normas e procedimentos
Homologação da Resolução nº 009/CUN/2006 adverte sobre a necessidade da observância de normas de	<ul style="list-style-type: none"> - Nº de acidentes - Nº de doenças ocupacionais

saúde e segurança nas atividades de pesquisa com potencial de risco à saúde e segurança.	- Nº de sinistros (incêndio)
Homologação da Lei nº 12.305 de agosto de 2010, PNRS, marco para a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> - Novas regulamentações - Hierarquia dos resíduos - Responsabilidades aos geradores de resíduos perigosos - Destinação adequada dos resíduos - Plano de gerenciamento de resíduos - Fomento à redução da geração de resíduos
Inicia-se um projeto institucional de resíduos químicos, visando a gestão integrada desses resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> - Dados de geração dos resíduos - Registros dos geradores de resíduos - Registros de compra dos insumos químicos - Normas e procedimentos formais - Motivação por parte da instituição na redução da geração de resíduos químicos - Identificação dos geradores de resíduos - Projetos de ensino pesquisa e extensão
Em outubro, um novo contrato foi firmado para a coleta e destinação dos resíduos químicos com empresa contratada.	<ul style="list-style-type: none"> - Organização das informações - Tonelada de resíduo químico gerado - Geradores de resíduos - Tratamento dos resíduos - Tipologia dos resíduos
Nova coordenação da coordenadoria de gestão ambiental, ligada a PROPLAN.	<ul style="list-style-type: none"> - Organização das informações - Centralização das informações
Apresentação do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da UFSC à comunidade universitária.	<ul style="list-style-type: none"> - Atendimento à legislação - Envolvimento de professores, alunos, técnicos
Novo setor (informal) de Gestão de Resíduos da Prefeitura Universitária (PU/PROAD).	<ul style="list-style-type: none"> - Gerenciamento da informação
Consulta pública e publicação do PGRS da UFSC, com capítulo específico para os resíduos químicos.	<ul style="list-style-type: none"> - Atendimento à legislação - Definição de diretrizes para o gerenciamento - Informação para comunidade

	acadêmica
--	-----------

Quadro 2 - Variáveis-chaves

VARIÁVEIS- CHAVES
Identificação dos laboratórios geradores
Nº de laboratórios geradores de resíduos químicos
Compra de insumos químicos
Práticas laboratoriais
Nº de horas de capacitação dos envolvidos
Normas e procedimentos formais
Atendimento à legislação
Definição das responsabilidades na gestão
Plano de Gerenciamento de Resíduos
Kg de resíduo evitado
Organização das informações
Hierarquia dos resíduos