

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
ENGENHARIA DE PROCESSOS**

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS HOSPITALARES E AVALIAÇÃO DA
SECAGEM COMO MÉTODO DE REDUÇÃO DE VOLUME E GRAU DE
PERICULOSIDADE**

Autora: Samira Maria Leão de Carvalho

Orientadora: Prof.^a D.^{ma} Meuris Gurgel Carlos da Silva

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Química como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Campinas - SP

Março/2003

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

UNIDADE	BC
Nº CHAMADA	T/UNICAMP C253g
V	EX
TOMBO BCI	59429
PROC.	124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	15/06/03
Nº CPD	

CM00185488-5

BIB ID 29.1492

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C253g

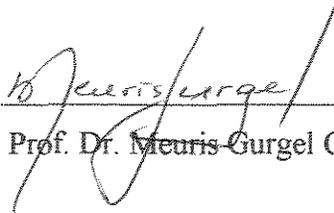
Carvalho, Samira Maria Leão de

Gerenciamento de resíduos hospitalares e avaliação da secagem como método de redução de volume e grau de periculosidade / Samira Maria Leão de Carvalho. -- Campinas, SP: [s.n.], 2003.

Orientador: Meuris Gurgel Carlos da Silva.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Resíduos. 2. Secagem. I. Silva, Meuris Gurgel Carlos da. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

Tese de doutorado defendida por Samira Maria Leão de Carvalho e aprovada em 17 de Março de 2003 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



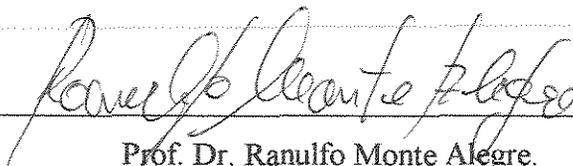
Prof. Dr. Meuris Gurgel Carlos da Silva.



Prof. Dr. Marcelino Luis Gimenez.



Prof. Dr. Arai Augusta Bernadez Pécora

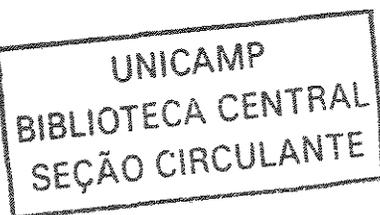


Prof. Dr. Ranulfo Monte Alegre.

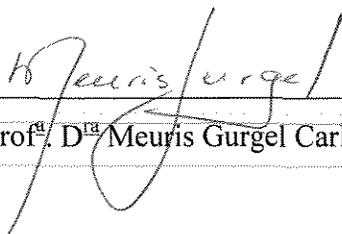


Prof. Dr. Sandra Cristina dos Santos Rocha.

000321167



Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado em Engenharia Química defendida por Samira Maria Leão de Carvalho e aprovada pela Comissão Julgadora em 17 de Março de 2003.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Meuris Gurgel', is written over a solid horizontal line. The signature is fluid and cursive.

Prof.^a. D.^la Meuris Gurgel Carlos da Silva

Dedico

À minha família, mãe, irmãos e sobrinhos,
pelo carinho e incentivo

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida.

À minha família pelo apoio, incentivo e carinho ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

À Professora Dra. Meuris Gurgel Carlos da Silva, pela orientação, apoio, incentivo e principalmente pela amizade e confiança.

À FAPESP pelo suporte financeiro e à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Departamento de Engenharia Química e de Alimentos da UFPA e ao DTF/FEQ/UNICAMP pela oportunidade de poder realizar meu aperfeiçoamento profissional.

Ao Professor Célio Augusto Gomes de Souza (DEQAL/UFPA) pelo grande incentivo em todas as etapas da realização do curso de doutorado.

Ao Centro de Hematologia e Hemoterapia da UNICAMP/ Hemocentro, especialmente ao Grupo Gestor de Resíduos Sólidos da Área de Saúde: Enf^a. Jane Gomes de Almeida Lacerda, Enf^a. Maria Gineusa de Medeiros e Souza, Prof^a. Dra. Edineis de Brito Guirardello e Enf^a. Rose Clélia Griòn Trevisane, por terem permitido o desenvolvimento de parte deste trabalho nas dependências dessa unidade de saúde.

À Enf^a. Maria Gineusa de Medeiros e Souza, meu agradecimento muito especial, pela amizade, apoio, incentivo e inestimável colaboração na viabilização da realização de etapas importantes deste trabalho.

Às pesquisadoras da área de microbiologia do Instituto Adolfo Lutz, Beatriz Pisani, Marise Simões e Maria Ângela Garnica Prandi, pela amizade, conhecimentos transmitidos e valiosa colaboração na realização das análises microbiológicas e.

Aos amigos do Laboratório, Wanda Amorim, Miriam Ambrosio-Ugri, Márcio Alcântara, Marcel Katekawa, Jean Ferreira, Marcílio Moraes, Mirla Miranda, Paulo Porto e Ana Gaspar, pelo companheirismo, amizade e incentivo.

Às amigas Josilene Cavalcante e Augusta Felipe, pela amizade, apoio e incentivo.

Aos meus amigos de Belém pela amizade, Suzi Ribeiro, Cristiane de Nazaré, Eder Araujo, Ricardo Lyan, Laura Abreu, Lydiane Abdon.

Ao amigo Sr. Levi Esmael Madeira, pelos conhecimentos e pela valiosa colaboração na montagem do equipamento de secagem.

Aos amigos da oficina, Alexandre Pinto da Silva, Daniel Soares e Edgard Roberto, pela amizade e colaboração na realização deste trabalho.

À Sra. Anunciação Marqueza dos Santos Almeida (Hemocentro), pela amizade, apoio, incentivo e colaboração na viabilização de várias etapas deste trabalho.

À encarregada Sra. Sônia (manhã) e funcionários dos serviços de coleta de resíduos, pela colaboração.

Ao Sr. Marcelino de Oliveira (Hemocentro), pela amizade e valiosa colaboração na coleta e pesagem dos resíduos e

À todas as pessoas que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

*Gerenciamento de Resíduos Hospitalares e Avaliação da Secagem como Método de
Redução de Volume e Grau de Periculosidade*

ÍNDICE

RESUMO	<i>i</i>
ABSTRACT	<i>ii</i>
LISTA DE FIGURAS	<i>iii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>vi</i>
LISTA DE QUADROS	<i>viii</i>
NOMENCLATURA	<i>ix</i>
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE	5
2.1.1 Definição	5
2.1.2 Fontes de geração de RSS	6
2.1.3 Classificação de RSS	7
2.1.4 Riscos atribuídos aos RSS	9
2.1.4.1 <i>Potencial perigoso a partir de RSS Infeciosos (RSSI)</i>	10
2.1.4.2 <i>Impactos a partir de RSS químicos, farmacêuticos, genotóxicos e radioativos</i>	17
2.1.5 Geração e caracterização de RSS	17
2.1.5.1 <i>Geração de RSS</i>	17
2.1.5.2 <i>Caracterização de RSS</i>	20
2.1.6 Gerenciamento de RSS	23
2.1.6.1 <i>Aspectos do gerenciamento de RSS à nível internacional</i>	23
2.1.6.2 <i>Aspectos do gerenciamento de RSS no Brasil</i>	25
2.1.6.3 <i>Aspectos Técnicos operacionais do gerenciamento de RSS</i>	26
2.2 TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO TRATAMENTO DE RSSI	29
2.2.1 Incineração	29
2.2.2 Sistema de baixa temperatura: Microondas	30

2.2.3	Sistema de baixa temperatura: Calor seco.....	31
2.2.4	Esterilização com vapor: Autoclavagem.....	31
2.2.5	Sistema de alta temperatura: Pirólise.....	32
2.2.6	Sistema de alta temperatura: Tecnologia de plasma.....	32
2.2.7	Tratamento químico.....	32
2.2.8	Tratamento por irradiação.....	32
2.3.	AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE RSS INFECTANTES.....	33
2.3.1	Inativação microbiológica.....	33
2.3.2	Avaliação da efetividade de tratamento de RSSI.....	34
2.4	SECAGEM.....	36
2.4.1	Considerações gerais sobre a secagem.....	37
2.4.2	Cinética de secagem.....	39
2.4.3	Secagem em leito fixo.....	42
2.4.4	Encolhimento do volume durante a secagem.....	43
3	DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL.....	46
3.1	EQUIPAMENTOS E MATERIAIS.....	46
3.1.1	Equipamentos e materiais utilizados na realização de análises físico-químicas físicas.....	46
3.1.2	Materiais utilizados para a realização de análises microbiológicas.....	47
3.1.3	Equipamentos e materiais utilizados na montagem do sistema de secagem.....	47
3.2	METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	48
3.2.1	Mapeamento do estabelecimento de saúde.....	49
3.2.1.1	<i>Identificação do Estabelecimento de Saúde.....</i>	49
3.2.1.2	<i>Identificação dos setores de geração de RSSI e classificação do tipo de resíduo segundo o CONAMA (1993/2001).....</i>	50
3.2.1.3	<i>Quantificação dos tipos de RSS gerados no estabelecimento de saúde.....</i>	50
3.2.2	Identificação e avaliação qualitativa de riscos e seus efeitos.....	51
3.2.3	Caracterização física de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI).....	54
3.2.3.1	<i>Determinação da composição gravimétrica de RSSI.....</i>	54

3.2.3.2	<i>Determinação da densidade aparente de RSSI.....</i>	54
3.2.3.3	<i>Preparação das amostras para as determinações físicas (conteúdo de umidade, teor de sólidos voláteis e teor de cinzas).....</i>	55
3.2.3.4	<i>Determinação do conteúdo de umidade de RSSI.....</i>	56
3.2.3.5	<i>Determinação de sólidos voláteis e fixos (cinzas) de RSSI.....</i>	56
3.2.4	Caracterização microbiológica de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI).....	57
3.2.4.1	<i>Seleção dos setores de geração de RSSI a serem investigados.....</i>	57
3.2.4.2	<i>Seleção de microorganismos indicadores de contaminação.....</i>	58
3.2.4.3	<i>Preparação das amostras.....</i>	59
3.2.4.4	<i>Metodologia de identificação e quantificação de microorganismos.....</i>	60
3.2.5	Estudo da cinética de secagem de RSS “tipo”	61
3.2.5.1	<i>Sistema de secagem.....</i>	62
3.2.5.2	<i>Definição de condições operacionais do processo.....</i>	66
3.2.5.3	<i>Condições de processo empregadas no estudo da cinética de secagem do RSS.....</i>	68
3.2.5.4	<i>Preparação da amostra de RSS “tipo” utilizadas nos ensaios de secagem.....</i>	68
3.2.5.5	<i>Operação do equipamento durante os ensaios de cinética de secagem.....</i>	70
3.2.5.6	<i>Determinação do conteúdo de umidade das amostras.....</i>	71
3.2.6	Estudo da secagem como método de redução de volume.....	71
3.2.6.1	<i>Definição das condições de processo.....</i>	71
3.2.6.2	<i>Metodologia de avaliação da redução do volume de RSS.....</i>	72
3.2.7	Estudo da secagem como método de inativação microbiológica (redução de carga microbiológica) de RSS “tipo”, empregando-se microorganismo padrão.....	73
3.2.7.1	<i>Definição das condições do processo.....</i>	73
3.2.7.2	<i>Preparação da amostra de RSS “tipo”</i>	73
3.2.7.3	<i>Microorganismo padrão utilizado para a avaliação da efetividade da secagem, com relação a inativação microbiológica.....</i>	73
3.2.7.4	<i>Preparação da carga de RSS “tipo” (massa de resíduo + microorganismo padrão).....</i>	74
3.2.7.5	<i>Tratamento da carga de RSS “tipo” teste.....</i>	75
3.2.7.6	<i>Verificação da viabilidade do microorganismo padrão após a secagem....</i>	75

3.2.8	Estudo da cinética de inativação térmica do microorganismo padrão.....	77
3.2.8.1	<i>Escolha das condições de processo.....</i>	77
3.2.8.2	<i>Metodologia utilizada no ensaio.....</i>	77
3.2.8.3	<i>Verificação da viabilidade do microorganismos padrão após a secagem.....</i>	78
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	79
4.1	MAPEAMENTO DO ESTABELECIMENTO DE SAÚDE.....	79
4.1.1	Identificação do estabelecimento de saúde sob estudo.....	79
4.1.2	Identificação dos setores de geração de resíduos infectantes e classificação do tipo de resíduo segundo o CONAMA (1993/2001).....	81
4.1.3	Resultados da quantificação dos RSS gerados no estabelecimento de saúde.....	84
4.1.4	Resultados da identificação e avaliação qualitativa de riscos e seus efeitos.....	88
4.2	CARACTERIZAÇÃO DOS RSS INFECTANTES.....	92
4.2.1	Resultados da determinação da composição gravimétrica dos RSSI....	92
4.2.2	Resultados da determinação da massa específica do RSSI (ρ_{ap}).....	94
4.2.3	Resultados da caracterização física dos RSSI.....	98
4.2.4	Resultados da caracterização microbiológica dos RSSI.....	108
4.3	AVALIAÇÃO DA SECAGEM COMO PROCESSO DE REDUÇÃO DE VOLUME E CARGA MICROBIOLÓGICA A PARTIR DE RSS “tipo”.....	110
4.3.1	Resultados do estudo da cinética de secagem de RSS “tipo”.....	110
4.3.1.1	<i>Conteúdo de umidade inicial das amostras de RSS “tipo” obtidas em laboratório.....</i>	110
4.3.1.2	<i>Análise da influência das variáveis de processo na taxa de secagem.....</i>	111
4.3.2	Resultados da avaliação da secagem como método de redução do volume.....	122
4.3.3	Resultados da avaliação da secagem como método de inativação microbiológica (IM) (redução de carga microbiológica).....	126
4.3.4	Resultados do estudo de cinética de inativação térmica (IT) do microorganismo padrão.....	130
5	CONCLUSÕES.....	135

6	SUGESTÕES.....	141
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
	APÊNDICE 1.....	155
	APÊNDICE 2.....	163
	APÊNDICE 3.....	164
	APÊNDICE 4.....	176
	APÊNDICE 5.....	180
	APÊNDICE 6.....	182
	APÊNDICE 7.....	185

RESUMO

Neste trabalho foi realizada a investigação de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), particularmente de RSS infectantes (RSSI), produzidos em um banco de sangue. O estudo abordou aspectos da geração, verificação de manejo interno, caracterização física e microbiológica e avaliação do potencial de um processo de secagem na redução de volume e carga microbiológica, empregando-se RSSI “tipo” e microorganismo padrão. A produção diária de RSS do estabelecimento de saúde foi aproximadamente igual a 229 (kg/dia), dos quais 51% eram RSSI. A composição média dos RSSI consistiu, principalmente de: plásticos (39%), sangue (19%), papel/papelão (17%) e líquido (12%). Os resultados do estudo microbiológico desses resíduos provenientes de 4 setores do estabelecimento, apontaram uma baixa contagem dos microorganismos investigados. *Staphylococcus aureus*, utilizado como indicador de contaminação foi isolado, apenas em uma amostra de um dos setores, em uma das 5 repetições da amostragem. A avaliação do manejo interno de RSSI, pela técnica de Análise Preliminar de Riscos (APR) mostrou-se adequada e os resultados desta sugeriram a priorização e ações corretivas para falhas de procedimentos que possam causar a exposição de seres humanos aos RSSI não tratado. Resultados da determinação da composição e caracterização física dos RSSI reais foram utilizados para a obtenção de um RSSI “tipo” preparado a partir de materiais biomédicos não utilizados, entre outros. Este resíduo foi usado na avaliação do processo de secagem. Esta etapa constou, inicialmente do projeto e instalação do sistema. Resultados da análise das curvas da taxa de secagem de RSSI “tipo” mostraram que o efeito da vazão do ar de secagem foi mais significativo que o efeito da temperatura na secagem do material. Altos conteúdos de umidade inicial da amostra apresentaram efeito significativo na cinética de secagem do resíduo. No estudo de inativação microbiológica por secagem, esporos de *B. subtilis* foram utilizados como microorganismo indicador (padrão). O sistema apresentou um desempenho satisfatório na inativação da população do microorganismo padrão, $5,0 \times 10^6$ (esporos/bandeja), em oito diferentes condições de processo, em um tempo de residência de 70 minutos. A investigação da cinética de inativação térmica do microorganismo confirmou esses resultados, pois o sistema inativou $8,0 \times 10^6$ (esporos/bandeja), em um tempo de 42 minutos. Os resultados dessa investigação e da redução do volume, estimada através do parâmetro encolhimento do volume, foram comparáveis aos resultados obtidos a partir de tecnologias de tratamento de RSSI, atualmente em operação.

ABSTRACT

In this work infectious healthcare waste (IHW) produced in a blood bank facility was investigated. Aspects of IHW such as production, internal handling, physical and microbiological characterization as well as evaluation of a drying process for volume and microbiological load reduction were studied, using surrogate IHW and indicator microorganism for effectiveness testing of the latter. The daily healthcare waste production at the healthcare establishment was approximately 229 kg/day, 51% (by weight) being classified as IHW. The IHW average composition included mainly of plastics (39%), blood (19%), paper/cardboard (17%), and other liquids (12%) by weight. The microbiological analysis of the IHW produced by four different sectors of the healthcare establishment showed low concentration of the microorganisms investigated. *Staphylococcus aureus* used in this analysis as a contamination indicator was isolated only in one sample from one sector, in one of the five replications of the sampling. The assessment of the internal handling of IHW via the Preliminary Risk Analysis (PRA) technique was found to be suitable and suggested prioritization and corrective actions for procedure failures that may cause exposure to untreated IHW. Results of the IHW composition and physical characterization were used for the attainment of surrogate IHW employed to evaluate the drying process. This stage of the work consisted initially of the drying system designing and installation. An analysis of the drying rate curve of surrogate IHW showed that the influence of the airflow was more significant than that of the temperature. However, higher sample initial moisture contents affected significantly the waste drying kinetics. In the microbial inactivation study by drying, *B. subtilis* spores were used as indicator microorganism for effectiveness testing of the process. According to results obtained in this study, the drying process presented a satisfactory performance as evidenced by inactivation of the $5,0 \times 10^6$ spores/tray, under eight different process conditions for a residence time of 70 minutes. The investigation of the thermal inactivation kinetics of the indicator microorganism confirmed these results, since an indicator microorganism population of $8,0 \times 10^6$ (spores/tray) was inactivated by 42 minute residence time. The results obtained in these study as well as the volume reduction by drying estimated for the volumetric shrinkage parameter, were comparable to the results obtained from IHW treatment technologies currently in operation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Figura 3.2. Estados da umidade não ligada (STRUMILLO E KUDRA, 1986)	38
Figura 2.2	Esquema do processo de secagem de um material úmido (TOBINAGA e PINTO, 1992).....	39
Figura 2.3	Curva típica de secagem (HOVMAND, 1991).....	40
Figura 3.1	Desenho esquemático do sistema de secagem.....	62
Figura 3.2	Vista geral do sistema de secagem, da direita para a esquerda visualiza-se: controlador do aquecedor elétrico, aquecedor elétrico, medidor de temperatura e termopares, câmara de secagem, ciclone, condensador e painel de manômetros.....	64
Figura 3.3	Placa de orifício.....	65
Figura 3.4	Da direita para a esquerda visualizam-se: soprador e acessórios (supressor de ruídos e filtro) e resfriador de ar.....	65
Figura 3.5	Vista superior da bandeja: desenho esquemático da disposição das fitas contendo microorganismo padrão nas bandejas (B1 e B2), ensaios de inativação microbiológica.....	74
Figura 3.6	Vista superior da bandeja: disposição das fitas contendo microorganismo padrão nas bandejas (B1 e B2), ensaios de cinética de inativação térmica do microorganismo padrão.....	78
Figura 4.1	Variação da geração dos tipos de resíduos segregados no estabelecimento de saúde no período de 7 dias de amostragem.....	85
Figura 4.2	Distribuição de tipos de RSS gerados no estabelecimento, com base na produção diária dos mesmos.....	85
Figura 4.3	Comparação da geração diária de RSS Infectantes entre os setores do estabelecimento de saúde (Pto1 a Pto16).....	87
Figura 4.4	Comparação da geração diária de RSS Infectantes entre os setores do estabelecimento de saúde (Pto17 a Pto32).....	87
Figura 4.5	Série de riscos: sequência de eventos que podem conduzir a eventos críticos no manejo interno de RSSI.....	91
Figura 4.6	Distribuição dos materiais na composição dos RSSI.....	93

Figura 4.7	Valores médios da determinação da densidade aparente de RSSI e seus respectivos desvios médios (<i>DM</i>) para os setores de geração do estabelecimento (Pto1 a Pto15), exceto o setor (Pto11)	96
Figura 4.8	Valores médios da determinação da densidade aparente de RSSI e seus respectivos desvios médios (<i>DM</i>) para os setores de geração do estabelecimento (Pto16 a Pto29).....	96
Figura 4.9	Valores médios da determinação do conteúdo de umidade de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13, Pto14, Pto16-Pto17).....	101
Figura 4.10	Valores médios da determinação do conteúdo de umidade de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto18-Pto29).....	101
Figura 4.11	Valores médios do teor de sólidos voláteis de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13-Pto14, Pto16-Pto17).....	103
Figura 4.12	Valores médios da determinação do teor de sólidos voláteis de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto18 – Pto29).....	104
Figura 4.13	Valores médios da determinação do teor de cinzas de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13-Pto14, Pto16-Pto17).....	105
Figura 4.14	Valores médios da determinação do teor de cinzas de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto18-Pto29).....	105
Figura 4.15	Comparação dos Desvios Médios dos parâmetros físicos: teor de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (<i>SV</i>) e teor de cinzas de RSSI (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13-Pto14, Pto16-Pto17).....	106
Figura 4.16	Comparação dos desvios médios dos parâmetros: conteúdo de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (<i>SV</i>) e teor de cinzas (<i>cinzas</i>) de RSSI (Pto18-Pto29).....	107
Figura 4.17	Curva da taxa de secagem para os ensaios E1 e E3 ($X_i = 11\%$ bs).....	112
Figura 4.18	Curva da taxa de secagem para os ensaios E4 e E9 ($X_i = 11\%$ bs).....	112

Figura 4.19	Curva da taxa de secagem para os ensaios E1 e E4 ($X_i = 11\%$ bs).....	113
Figura 4.20	Curva da taxa de secagem para os ensaios E3 e E9 ($X_i = 11\%$ bs)....	113
Figura 4.21	Curva da taxa de secagem para os ensaios E2 e E12 ($X_i = 39\%$ bs)...	114
Figura 4.22	Curva da taxa de secagem para os ensaios E11 e E10 ($X_i = 39\%$ bs).	115
Figura 4.23	Curva da taxa de secagem para os ensaios E2 e E11 ($X_i = 39\%$ bs)....	115
Figura 4.24	Curva da taxa de secagem para os ensaios E12 e E10 ($X_i = 39\%$ bs)..	116
Figura 4.25	Curva da taxa de secagem para os ensaios E5 e E7 ($X_i = 85\%$ bs).....	117
Figura 4.26	Curva da taxa de secagem para os ensaios E6 e E8 ($X_i = 85\%$ bs).....	117
Figura 4.27	Curva da taxa de secagem para os ensaios E5 e E6 ($X_i = 85\%$ bs).....	118
Figura 4.28	Curva da taxa de secagem para os ensaios E7 e E8 ($X_i = 85\%$ bs).....	118
Figura 4.29	Diagrama de Pareto para os ensaios de secagem realizados na bandeja (B1).....	123
Figura 4.30	Diagrama de Pareto para os ensaios de secagem realizados na bandeja (B2).....	123
Figura 4.31	Série de controle positivo para <i>B. subtilis</i>	126
Figura 4.32	Comparação entre as curvas de temperatura versus tempo dos ensaios de (IM) ensaio de cinética de inativação térmica (CIT) nas mesmas condições de secagem: $Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C e $X_{bs,0} = 85$ %)......	131

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Hepatite viral tipo B (HVB) causada por lesões ocorridas a partir de acidentes com perfurantes e cortantes (USA).....	12
Tabela 2.2	Risco de infecção após lesão por agulhas hipodérmicas.....	12
Tabela 2.3	Quantificação de RSS provenientes de hospitais, de acordo com a fonte de origem.....	19
Tabela 2.4	Quantidades de RSS perigosos produzidos em estabelecimentos de assistência à saúde de alguns países da América Latina e Caribe.....	19
Tabela 2.5	RSS produzidos por estabelecimentos de saúde localizados na cidade de Guarulhos (SP).....	20
Tabela 2.6	Composição de RSS de 3 (três) hospitais em Taiwan, China.....	21
Tabela 2.7	Composição média de resíduos de estabelecimentos de saúde na Itália.....	22
Tabela 2.8	Dados sobre a composição gravimétrica de RSS por setor (fonte) de geração para 02 hospitais brasileiros identificados como hospital (A) e hospital (B).....	22
Tabela 2.9	Caracterização físico-química de RSS infecciosos, obtidas a partir de estabelecimentos de saúde na Itália.....	23
Tabela 2.10	Testes microbiológicos para a comprovação de efetividade de tratamento de RSS infectantes por microondas.....	36
Tabela 3.1	Denominação e frequência de coleta dos RSSI dos setores selecionados.....	57
Tabela 3.2	Dimensões características da câmara de secagem.....	63
Tabela 3.3	Tempo de exposição ao calor seco.....	66
Tabela 3.4	Valores de conteúdo de umidade inicial das amostras de RSS real.....	67
Tabela 3.5	Planejamento dos ensaios do estudo de cinética de secagem de RSS.....	68
Tabela 3.6	Matriz de valores para o planejamento fatorial estatístico, do tipo 2^3 , em dois níveis.....	72

Tabela 4.1	Quantificação de tipos RSS segregados no estabelecimento de saúde.....	84
Tabela 4.2	Quantificação de RSSI por setor de geração.....	86
Tabela 4.3	Composição gravimétrica média de RSSI.....	93
Tabela 4.4	Resultados da determinação de densidade aparente de RSSI dos setores do estabelecimento de saúde estudado.....	95
Tabela 4.5	Análise física aproximada de RSSI.....	100
Tabela 4.6	Valores médios determinados para os parâmetros físicos, conteúdo de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas (<i>cinzas</i>).....	102
Tabela 4.7	Frequência de espécies de microorganismos identificados nas amostras analisadas de RSSI.....	108
Tabela 4.8	Concentrações médias (UFC/100g RSSI) de microorganismos identificados nas amostras de RSSI: 1 ^a e 2 ^a etapas.....	108
Tabela 4.9	Resultados da determinação de conteúdos de umidade inicial das amostras de RSS “tipo” preparadas em laboratório.....	111
Tabela 4.10	Resultados de taxas de secagem máximas obtidas a partir do estudo da cinética de secagem de RSS. “tipo”.....	120
Tabela 4.11	Matriz de ensaios do planejamento fatorial, com os respectivos valores das variáveis independentes e resultados da variável resposta.....	122
Tabela 4.12	Avaliação de níveis de inativação microbiológica obtidos para tecnologias de tratamento de RSS.....	127
Tabela 4.13	Dados da avaliação da secagem como método de inativação microbiológica - metodologia de controle positivo/negativo.....	128
Tabela 4.14	Dados da avaliação da secagem como método de inativação microbiológica – metodologia de contagem em placa, em meio TSA.....	129
Tabela 4.15	Concentração de microorganismo padrão após diferentes tempos de secagem.....	130

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1	Estabelecimentos considerados grandes geradores.....	6
Quadro 2.2	Estabelecimentos considerados pequenos geradores.....	7
Quadro 2.3	Classificação de RSS de acordo com o CONAMA (2001).....	8
Quadro 2.4	Transmissão ocupacional de HIV na França e USA.....	13
Quadro 2.5	Microorganismos identificados em algumas áreas de um estabelecimento hospitalar localizado na cidade de Campinas (SP).....	15
Quadro 2.6	Microorganismos identificados em RSS e resíduos domésticos.....	16
Quadro 2.7	Taxa de geração de RSS em estabelecimentos de cuidados à saúde de alguns países.....	18
Quadro 3.1	Etapas da técnica de Análise Preliminar de Riscos (APR).....	52
Quadro 4.1	Organização das grandes áreas do estabelecimento de saúde.....	82
Quadro 4.2	Organização dos setores de geração de RSSI do estabelecimento de saúde.....	83
Quadro 4.3	Resultados da avaliação de práticas de manuseio de RSSI usando a técnica APR, exemplo: operação de segregação.....	88

NOMENCLATURA

Siglas e Abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
APR	Análise Preliminar de Riscos.
ATDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería sanitária e Ciências del Ambiente.
CDC	Centers for Disease Control.
CETESB	Companhia de Tecnologia de saneamento Ambiental.
CNEN	Conselho Nacional de Energia Nuclear.
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
DM	Desvio Médio.
<hr/>	
EPA	Environmental Protection Agency.
<hr/>	
EPI	Equipamento de Proteção Individual.
FDA	Food & Drug Administration
HIV	Human Immunodeficiency Virus
HSC	Health Safety Comission.
HTLV	Human T-Lymphotropic Virus
H1	Hemocentro prédio 1.
H2	Hemocentro prédio 2.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e estatística.
M	Média.
MWTA	Medical Waste Tracking Act.
NBR	Norma Brasileira.

OMS	Organização Mundial de Saúde.
PAHO	Pan American Health Organization
PO	Probabilidade de Ocorrência
PVC	Policloreto de Vinila.
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde.
RSSI	Resíduos de Serviços de Saúde Infectantes.
SS/SMA/SJDC	Secretaria de Estado da Saúde/Secretaria do Meio Ambiente/Secretaria da Justiça e Defesa da Cidadania.
SC	Severidade da Consequência
UCF	Unidade Formadora de Colônia.
UTI	Unidade de Terapia Intensiva.
WHO	World Health organization.

Letras Latinas

<i>M</i>	Massa (kg).
<i>Q</i>	Vazão (gk/min)
<i>SS</i>	Sólido seco
<i>SV</i>	Teor de sólidos voláteis (%).
<i>T</i>	Temperatura (°C)
<i>t</i>	Tempo (min)
<i>U</i>	Conteúdo de umidade (base úmida) (%).
<i>X</i>	Conteúdo de umidade, base seca (kg umidade/kg sólido seco).
<i>V</i>	Volume (L).

Letras Gregas

ρ	Massa específica (kg/L)
--------	-------------------------

Subscritos

AS	Amostra sintética
ap	Aparente
bs	Base seca
bu	Base úmida
c	Crítico
eq	Equilíbrio
m	Mássica
0	inicial
p	Produto
R	Materiais do grupo 1
S	Sangue

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção de resíduos sólidos representa hoje, um dos graves problemas ambientais. O crescimento acelerado das cidades, nas quais, grande parte da população vive, o aumento do consumo e as mudanças na composição dos materiais justificam a preocupação das administrações públicas. O resíduo sólido é produzido, sobretudo nas áreas urbanas onde se concentram os maiores contingentes de pessoas e se desenvolvem predominantemente atividades de transformação dos produtos que vêm da área rural e ainda onde se efetiva o consumo (CAMPINAS, 1996).

Como resíduo sólido, ou simplesmente “lixo”, considera-se todo e qualquer material sólido proveniente das atividades diárias do homem em sociedade, cujo produtor ou proprietário não o considere com valor suficiente para conservá-lo (SMA, 1998). As origens dos resíduos sólidos podem ser diversas: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de limpeza de vias públicas, entre outras.

Composto de uma diversidade de materiais e substâncias, no Brasil, os resíduos sólidos são classificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma NBR-10004 (ABNT, 1987) em diferentes categorias, como consequência direta da necessidade de caracterização destes quanto ao seu potencial de periculosidade, investigando sua origem, sua composição qualitativa e quantitativa e seus principais efeitos sobre os seres humanos e o ambiente. De acordo com esta norma, o resíduo sólido pode ser classificado em função do seu potencial perigoso em: *Classe I* (material perigoso); *Classe II* (material não inerte); *Classe III* (material inerte).

O gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos pode resultar em riscos indesejáveis às comunidades, constituindo-se, ao mesmo tempo, em problema de saúde pública e fator de degradação do ambiente, além, é claro, dos aspectos sociais, estéticos, econômicos e administrativos envolvidos. A variedade e a quantidade de resíduos, que passaram a ser gerados com o avanço tecnológico, trouxeram cada vez mais problemas de contaminação do meio ambiente (água, ar e solo), de higiene e saúde, além da preocupação quanto à escolha de locais para a disposição, destino adequado, processos de tratamento e redução da geração.

O equacionamento desses problemas, bem como o melhor aproveitamento das áreas destinadas à disposição e ao tratamento dos resíduos sólidos, a busca de novas tecnologias para minimização e o reaproveitamento dos mesmos tornaram-se, diante da nova realidade urbano-industrial, em nível mundial, um fator vital no planejamento urbano.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de dois terços da população mundial não possuem técnicas e equipamentos adequados para a disposição final de seus resíduos, o que leva a um círculo vicioso que inclui doenças e degradação ambiental e cujas conseqüências são: astronômicos custos econômicos, ambientais e sociais (CAMPINAS, 1996).

No Brasil, a disposição clandestina, realizada indiscriminadamente desde o século passado, em locais totalmente inadequados como: valas, depressões naturais, barrancos, margens de rios a céu aberto ou em aterros desprovidos de qualquer tratamento adequado, prática ainda utilizada em muitas localidades, não mais atende à demanda crescente de destinação.

Dentro da problemática da geração, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, como qualquer atividade humana, os estabelecimentos prestadores de serviços de saúde geram resíduos sólidos, que em termos quantitativos representam uma pequena parcela do total produzido em uma cidade, entre 1 a 2%. Apesar disso, ocupam lugar de destaque uma vez que podem afetar a saúde pública e o meio ambiente aos quais somam-se as deteriorações estéticas da paisagem natural e dos centros urbanos.

O manejo interno e externo dos resíduos de serviços de saúde (RSS) dos estabelecimentos geradores tem sido motivo de preocupação, atribuído ao seu potencial de risco de contaminação e proliferação de doenças por vírus e bactérias patogênicas, necessitando de uma forma diferenciada de abordagem (REGO *at al.*, 1993). Devido, tradicionalmente à prioridade dos estabelecimentos de saúde centrarem sua atenção no paciente, não era dada a importância devida aos problemas ambientais que poderiam causar, criando-se um círculo vicioso de enfermidades derivadas do manejo inadequado de seus resíduos (MONGE, 1997).

Do ponto de vista sanitário, a eliminação dos RSS sem tratamento é considerada inaceitável, pois em muitos lugares os resíduos são dispostos a céu aberto, nos quais,

geralmente são praticadas atividades de recuperação de materiais sem nenhum controle, sendo que as pessoas envolvidas nessas atividades são expostas de forma direta aos resíduos contaminados (KOPYTYNSKI, 1997).

Embora exista periculosidade, em parte dos resíduos gerados nos estabelecimentos de saúde e a mesma seja prevista em norma e o tratamento dos RSS imposto por lei (CONAMA, 1993/2001), poucos municípios brasileiros efetivamente dispõem de tratamento e disposição final para esses resíduos, em função de fatores conjunturais diversos.

Conforme pesquisa realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2000, eram gerados cerca de 4.000 (t/dia) de RSS a partir de 5.570 municípios brasileiros, dos quais 800 (t/dia) eram resíduos perigosos (infectantes, químicos e radioativos). Das prefeituras ouvidas apenas 14% (779 cidades) disseram tratar os seus resíduos adequadamente (resoluções No 5/93). Por outro lado, 22% (1.193 cidades) admitiram jogar os RSS no ambiente sem nenhum tipo de tratamento, 37% (2.041 cidades) não coletavam os RSS de forma diferenciada e 28% (1.557 cidades) responderam que os RSS eram queimados a céu aberto ou dispostos em locais não adequados. Entre os municípios que responderam não tratar de forma adequada os seus RSS estão o Rio de Janeiro e Belo Horizonte, que juntos somavam 78,4 (t/dia) de RSS. Das capitais somente São Paulo (SP) e Rio Branco (AC) usavam incineração e microondas para tratar os resíduos (VIVEIROS, 2002).

Segundo JURAS (2000) a grave situação quanto ao tratamento dos resíduos sólidos no Brasil é resultado da falta de recursos destinados ao setor, despreparo e desinteresse das administrações municipais, bem como a falta de cobrança por parte do Ministério Público e da população como um todo, uma vez que a negligência com os RSS pode ser enquadrada na Lei de crimes ambientais.

As principais tecnologias empregadas no tratamento de RSS, atualmente incluem: tratamento convencional por incineração e as tecnologias alternativas como: autoclavagem, microondas, desinfecção química, radiação, entre outras.

A motivação desta pesquisa está na necessidade de se desenvolver e implantar novas tecnologias que minimizem o impacto ambiental causado pela grande quantidade de

resíduos sólidos, em particular do resíduo hospitalar, gerada atualmente. Formas alternativas de tratamento que possam minimizar o volume e a o grau de periculosidade (modificações físicas, químicas ou microbiológicas) de determinados tipos do resíduo hospitalar, poderão contribuir para reduzir custos de transporte e disposição final, tornar os resíduos mais aceitáveis para a incineração e disposição em aterros sanitários, melhorar as condições higiênicas do resíduo e reduzir o seu potencial de risco de contaminação do meio ambiente.

Este trabalho teve os seguintes objetivos:

1. Realizar o levantamento de inventário de Resíduos de Serviços de Saúde Infectantes (RSSI) (identificação, classificação e quantificação);
2. Implementar uma metodologia de verificação de manejo de RSSI, baseada em uma adaptação da técnica Análise Preliminar de Riscos (APR);
3. Caracterizar os RSSI (determinação da composição gravimétrica, determinação de parâmetros físicos e avaliação de aspectos microbiológicos).
4. Avaliar o potencial da operação de secagem como uma metodologia alternativa de tratamento de tipos segregados de RSS pertencentes ao Grupo A (CONAMA, 2001), conforme classificação descrita na página 7 (Quadro 2.3), no qual serão contemplados estudos relacionados ao estado da arte, equipamento e processo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE

2.1.1. Definição

A Associação Brasileira Normas Técnicas - ABNT, no ano de 1993, propôs normas para terminologia (ABNT, (1993a), classificação (ABNT, 1993b) e procedimentos para o manejo de resíduos provenientes de estabelecimentos geradores (ABNT, 1993c), a partir das quais adotou a terminologia: resíduos de serviços de saúde (RSS) para designar tais resíduos. Segundo a ABNT (1993a), estabelecimentos geradores são instituições que, em razão de suas atividades, produzem resíduos de serviços de saúde.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2001), conforme a Resolução Nº 283, de 12 de julho de 2001, define resíduos de serviços de saúde (RSS) como: a) aqueles provenientes de qualquer unidade que execute atividades de natureza médico-assistencial humana ou animal; b) aqueles provenientes de centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde; c) medicamentos e imunoterápicos vencidos ou deteriorados; d) aqueles provenientes de necrotérios, funerárias e serviços de medicina legal; e e) aqueles provenientes de barreiras sanitárias.

A ABNT (1987), norma *NB -10004: resíduos sólidos e sua revisão – PN 1:603.06-008 "Resíduos Sólidos" – Classificação*, classifica os resíduos patogênicos (infectantes) de serviços de saúde como pertencentes à CLASSE I, ou seja, perigosos. Resíduo infectante, de acordo com ABNT (1993a) é o resíduo de serviço de saúde que devido suas características de maior virulência, infectividade e concentração de patógenos, apresenta risco potencial adicional à saúde pública.

O CONAMA (2001) dispõe sobre o plano de gerenciamento, tratamento e destinação final dos RSS, portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários. A Resolução Conjunta SS/SMA/SJDC-1, de 29 de Junho de 1998 (SÃO PAULO, 1998) aprova as diretrizes básicas e regulamento técnico para a apresentação e aprovação do Plano de Gerenciamento de resíduos de serviço de saúde no Estado de São Paulo.

2.1.2. Fontes de geração de RSS

A *World Health Organization* - WHO (1999) classifica as fontes de geração de RSS de acordo com a quantidade de resíduos gerados, respectivamente em: grandes geradores e pequenos geradores, conforme os Quadros 2.1 e 2.2. A legislação em muitos Estados Americanos especifica como pequenos geradores àqueles estabelecimentos que produzem entre 18 e 100 kg de resíduos por mês.

Quadro 2.1: Estabelecimentos considerados grandes geradores de RSS.

<p><i>Hospitais:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Hospitais universitários; - Hospitais Gerais; - Hospitais distritais
<p><i>Outros estabelecimentos de cuidados à saúde:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Clínicas (principalmente de obstetrícia e maternidade), - Centros de diálise, - Pronto Socorro, - Estabelecimentos de cuidados de longa duração e cuidados de doenças crônicas - Serviços médicos militares e - Entre outros.
<p><i>Laboratórios e Centros de Pesquisa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Laboratórios médicos e biomédicos, - Instituições e laboratórios biotecnológicos e - Centros de pesquisas médicas
<p><i>Clínicas veterinárias</i></p>
<p><i>Centros de autópsia</i></p>
<p><i>Pesquisa e teste com animais</i></p>
<p><i>Farmácias</i></p>
<p><i>Bancos de sangue</i></p>
<p><i>Entre outros.</i></p>

Fonte: (WHO, 1999).

Quadro 2.2: Estabelecimentos considerados pequenos geradores RSS.

<i>Pequenos estabelecimentos:</i> <ul style="list-style-type: none">- Consultórios médicos- Clínicas e consultórios de dentistas
<i>Estabelecimentos especializados e instituições com baixa geração de resíduos:</i> <ul style="list-style-type: none">- Hospitais psiquiátricos- Instituições para pessoas debilitadas
<i>Atividades não relacionadas a cuidados da saúde, mas envolvem intervenções subcutâneas:</i> <ul style="list-style-type: none">- Tatuagens e colocação de <i>piercens</i>- Uso ilícito de drogas
<i>Serviços funerários</i>
<i>Serviços de ambulância</i>
<i>Tratamentos em casa</i>

Fonte: (WHO, 1999).

2.1.3. Classificação de RSS

Qualitativamente, os RSS, particularmente os provenientes de hospitais, são constituídos por uma grande variedade de elementos, incluindo-se aqueles considerados similares aos domésticos, além daqueles específicos de origem biológica, química e radioativa (AKUTSU E HAMADA, 1993). Alguns resíduos com qualidades químicas ou físicas são semelhantes aos resíduos industriais perigosos. Porém, o grupo que mais se destaca é o dos resíduos infectantes que constitui o maior grupo entre os RSS perigosos, embora, dificilmente ultrapassem a quantidade daqueles classificados como comuns (RIBEIRO FILHO, 1999).

A classificação facilita uma segregação apropriada dos RSS reduzindo riscos sanitários e custos no gerenciamento dos mesmos, uma vez que os sistemas de tratamento mais caros e seguros se destinam à fração dos RSS, para a qual o tratamento seja necessário e não para todos os resíduos (CEPIS, 1997a).

O CONAMA (2001), conforme Resolução Nº 283 de 12 de julho de 2001, Anexo 1, classifica os RSS em quatro grupos, conforme mostrado no Quadro 2.3. A norma NBR-12808 (ABNT, 1993b) classifica os RSS em três tipos: *tipo A* - resíduos infectantes, *tipo B* - resíduos especiais: radioativos, farmacêuticos e químicos perigosos e *tipo C* - resíduos comuns.

Quadro 2.3: Classificação de RSS de acordo com o CONAMA (2001).

GRUPO	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
A	Resíduos que apresentam riscos potenciais à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos.	Inóculo, mistura de microorganismos e meios de cultura inoculados provenientes de laboratório clínico ou de pesquisa, bem como, outros resíduos provenientes de laboratórios de análise clínicas; vacina vencida ou inutilizada; filtros de ar e de gases aspirados de áreas contaminadas, membrana filtrante de equipamento médico e de pesquisa, entre outros; sangue e hemoderivados e resíduos que tenham entrado em contato com estes; tecidos, membranas, órgãos, placentas; fetos, peças anatômicas; animais inclusive os de experimentação e os utilizados para estudos, carcaça, e vísceras suspeitos de serem portadores de doença transmissíveis e os mortos à bordo de meios de transporte, bem como, os resíduos que tenham entrado em contato com estes; excreções, secreções e líquidos orgânicos procedentes de pacientes, bem como os resíduos contaminados por estes; resíduos de sanitários de pacientes; objetos perfurantes ou cortantes provenientes de estabelecimentos prestadores de serviços de saúde; resíduos advindos de área de isolamento; materiais descartáveis que tenham entrado em contato com pacientes; lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) de estabelecimento de saúde; e resíduos provenientes de áreas endêmicas ou epidêmicas definidas pela autoridade de saúde competente.

Quadro 2.3: Classificação de RSS de acordo com o CONAMA (2001),
(continuação).

GRUPO	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
B	Resíduos que representam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido as suas características físicas, químicas e físico-químicas.	Drogas quimioterápicas e outros produtos que possam causar mutagenicidade e genotoxicidade e os materiais por elas contaminados; medicamentos vencidos, parcialmente interdito, não utilizados, alterados e medicamentos impróprios para o consumo, antimicrobiano e hormônios sintéticos e demais produtos considerados perigosos, conforme a classificação da NBR-10004 da ABNT (1987), (tóxicos, corrosivos, inflamáveis e reativos).
C	Resíduos radioativos	Enquadram-se neste grupo os resíduos radioativos ou contaminados com radionuclídeos provenientes de laboratórios de análises clínicas, serviço de medicina nuclear e radioterapia, segundo a Resolução do CNEN 6.05 (CNEN, 1985).
D	Resíduos comuns	Todos os demais resíduos que não se enquadram nos grupos descritos anteriormente.

Em nível internacional, algumas das organizações que definem e classificam os RSS são: *Environmental Protection Agency (EPA)*, *Center for Disease Control (CDC)*, *Health Safety Commission (HSC)*, *World Health Organization (WHO)*, *Conselho Panamericano de Ingenieria Sanitaria (CEPIS)*, entre outras.

2.1.4. Riscos atribuídos aos RSS

A questão dos riscos à saúde pública e ao meio ambiente associados aos resíduos de serviço de saúde tem sido um assunto polêmico. De um lado, os que vêem um grande potencial de contaminação do homem e do meio ambiente a partir de RSS considerados perigosos gerados nos estabelecimentos de saúde e por isso defendem seu manejo de forma diferenciada. De outro lado, os que consideram desnecessário o manejo diferenciado de determinados tipos de RSS, classificados como infectantes, pois resultados de pesquisas publicados na literatura têm mostrado que os resíduos domésticos podem apresentar contaminação microbiológica comparável à contaminação de RSS.

Algumas considerações discutidas na literatura sobre o assunto serão citadas a seguir:

Conforme a WHO (1999), a exposição aos RSS com potencial perigoso pode resultar em doenças ou lesões aos trabalhadores (da área de saúde e setores relacionados como coleta, tratamento e disposição final) e ao público em geral; degradação estética e contaminação do meio ambiente. A natureza perigosa dos RSS pode ser devido a uma ou mais das seguintes características: presença de agentes infecciosos, presença de perfurantes ou cortantes, presença de genotóxicos, presença de substâncias químicas tóxicas ou perigosas ou fármacos e presença de radioatividade.

Os principais grupos em risco são (WHO, 1999): médicos, enfermeiras, auxiliares e pessoal da manutenção dos hospitais, pacientes dos estabelecimentos, visitantes dos estabelecimentos, trabalhadores dos serviços de apoio ao estabelecimento de saúde como: lavanderias, manuseio de resíduo e transporte e trabalhadores das unidades de tratamento e disposição final (tais como: aterros sanitários ou incineradores, entre outros), incluindo garis.

2.1.4.1. Potencial perigoso a partir de RSS Infectantes (RSSI)

O potencial perigoso que os RSS infectantes apresentam e a possibilidade de causarem contaminação dos seres humanos e do meio ambiente são as principais preocupações de profissionais da área de saúde, limpeza pública, ambientalistas e do público em geral. Tal fato, faz com que os RSSI sejam manuseados de forma diferenciada dos demais RSS.

A EPA (1992) cita que os RSS infectantes são manuseados universalmente como resíduos perigosos, levando em consideração as suas fontes, visto que: o potencial infectante não pode ser determinado pela aparência; a fonte particular de contaminação dos itens e/ou sua natureza infectante não podem ser identificadas e, é impossível e impraticável testar cada item quanto ao seu conteúdo de patógenos.

Segundo a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR* (1990) é improvável que agentes infectantes, presentes nos resíduos, sejam introduzidos em um hospedeiro pelo trato respiratório, trato urinário, trato gastrointestinal, mucosas da boca,

olhos e nariz, se boas práticas de higiene pessoal forem utilizadas (para evitar, por exemplo, ingestão ou injeção). Da mesma forma, cita que o potencial para se adquirir uma infecção a partir do contato com os RSSI é inexistente, pois, para que haja uma infecção a partir desse contato (com exceção dos perfurantes e cortantes) é necessário que cada um dos seguintes eventos ocorram em seqüência: o indivíduo deve entrar em contato direto com o RSSI; o RSSI deve conter microrganismo patogênico viável em número suficiente para causar a infecção; uma lesão deverá ocorrer após esse contato (criando uma porta de entrada ou essa porta de entrada já deverá existir: perfuração, escoriações e cortes); um número suficiente do agente infeccioso viável deverá entrar em um hospedeiro susceptível (via porta de entrada) e então o agente causa a infecção que poderá ou não resultar em doença clínica.

As culturas concentradas de microorganismos patogênicos (número elevado de células) e os perfurantes e cortantes (particularmente, agulhas hipodérmicas) são, provavelmente, os itens dos RSSI, que apresentam o maior potencial de risco à saúde. Os perfurantes e cortantes não só podem criar uma porta de entrada (cortes e perfurações), como também podem infectar se estes possuírem o agente infectante. Por causa desse duplo risco os perfurantes e cortantes são considerados os RSSI mais perigosos desta classe de resíduos (WHO, 1999).

Há particular preocupação acerca da contaminação de pessoas com o *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) e vírus das Hepatites B e C, para os quais, há fortes evidências de transmissão via RSSI. Estes vírus são, geralmente transmitidos devido aos acidentes com perfurantes e cortantes contaminados com sangue humano. Os profissionais da área de enfermagem, trabalhadores que manuseiam os resíduos interna e externamente ao estabelecimento, bem como catadores de resíduos são os grupos com maior risco de contraírem tais infecções. Este tipo de risco entre os pacientes é considerado muito baixo, segundo a WHO (1999).

Na Tabela 2.1 são mostrados dados de lesões ocorridas com trabalhadores dos estabelecimentos de saúde e serviços sanitários causadas por perfurantes e cortantes. Esses dados foram obtidos pela ATSDR (1990) que, na ocasião emitiu as seguintes conclusões: as lesões ocorreram devido ao reencape de agulhas hipodérmicas antes da disposição dentro dos contêineres, abertura desnecessária dos contêineres e a utilização de materiais não resistentes à perfuração na manufatura dos mesmos.

Tabela 2.1: Hepatite viral tipo B (HVB) causada por lesões ocorridas a partir de acidentes com perfurantes e cortantes (USA).

CATEGORIA PROFISSIONAL	No. Anual de pessoas que sofreram lesões por perfurantes e cortantes	No. Anual de infecções por HVB causada a partir das lesões
<i>Enfermeiros (as):</i>	17.700 – 22.200	56 – 96
Em hospitais,	28.000 – 48.000	26 – 45
Fora de Hospitais.		
<i>Trabalhadores de laboratórios de hospitais.</i>	800 – 7.500	2 – 15
<i>Trabalhadores dos serviços de limpeza do hospital.</i>	11.700 – 45.300	23 – 91
<i>Técnicos de hospitais.</i>	12.200	24
<i>Médicos e dentistas em hospitais.</i>	100 – 400	< 1
<i>Médicos fora do hospital</i>	500 – 1.700	1 – 3
<i>Dentistas fora do hospital</i>	100 – 300	< 1
<i>Assistentes de dentista fora do hospital.</i>	2.600 – 3.900	5 – 8
<i>Pessoal médico do atendimento de emergência fora do hospital.</i>	12.000	24
<i>Trabalhadores que manuseiam resíduos (fora do hospital).</i>	500 – 7.300	1 – 15

Fonte: (WHO, 1999).

Na Tabela 2.2 mostra-se a estimativa de risco de infecção por HIV e Hepatite viral após perfurações com agulhas. Segundo a WHO (1999) fora dos estabelecimentos de saúde o risco de contaminação do público por HIV por esta via é desprezível. O risco de contaminação com os vírus das Hepatites B e C a partir do contato com os RSSI são mais significativos, pois, esses vírus são mais resistentes que os HIV. No Quadro 2.4 são mostrados dados de transmissão de HIV.

Tabela 2.2: Risco de infecção após lesão por agulhas hipodérmicas.

Tipo de Infecção	Risco da infecção
HIV	0,3 %
Hepatite viral tipo B	3 %
Hepatite viral tipo C	3 – 5 %

Fonte: (WHO, 1999).

Quadro 2.4: Transmissão ocupacional de HIV na França e USA.

França

Em 1992, oito casos de contaminação por HIV foram reconhecidos como infecções ocupacionais. Dois desses casos, envolvendo transmissão através de ferimentos sofridos por trabalhadores que manusearam resíduos.

USA

Em Junho de 1994, 39 casos de contaminação por HIV foram reconhecidos pela *Centers for Disease Control and Prevention* – CDC, como infecções ocupacionais com as seguintes rotas de transmissão: 32 casos a partir de lesões com agulhas; 01 caso a partir de lesão por lâmina; 01 caso a partir de lesão por vidro quebrado (frasco de vidro quebrado contendo sangue infectado); 01 caso a partir de item infectado (não perfurantes ou cortante) e 04 casos por exposição da pele, mucosas ou membranas à sangue infectado.

Em Junho de 1996, os casos de contaminação por HIV reconhecidos e acumulados somavam 51. Todos os casos ocorreram com enfermeiros (as), médicos (as) ou assistentes de laboratórios.

Fonte: (WHO, 1999).

De acordo com a FUNDAÇÃO NATURA (1997), a transmissão de doenças intra-hospitalar pode ser facilitada por um manejo inadequado dos RSSI, aumentando os dias de internação, custos de internação e mortalidade. E sugere a possibilidade de que a exposição prolongada a contaminantes infectantes ou tóxicos, mesmo em níveis baixos, pode aumentar a susceptibilidade das pessoas expostas para desenvolver enfermidades.

Conforme RIBEIRO FILHO (1999), os casos de danos à saúde pública e ao meio ambiente, citados na literatura, estão sempre relacionados a alguma irregularidade como: sistemas de tratamento e disposição final não licenciado ou desvio de resíduos para disposição imprópria.

De acordo com ZANON (1990), RUTULA e WEBER (1991) e BYRNS e BURKE (1992) a possibilidade de transmissão de agentes infectantes a partir dos RSSI para um hospedeiro, com exceção dos perfurantes e cortantes, é desprezível devido entre outras coisas: ao perigo associado às práticas de disposição não terem sido comprovadas, à baixa

probabilidade de exposição aos mesmos e à baixa expectativa de vida dos microorganismos fora do hospedeiro. Conforme TUMBERG e FROST (1990) o potencial de transmissão de doenças ao público a partir dos agentes infectantes presentes em alguns tipos de RSS pode ser considerado muito baixo, se forem observadas as regulamentações de armazenagem e disposição final. Os mesmos autores mencionam ainda, que resíduos domésticos não tratados são tão infectantes, quanto os RSS, haja vista, a maioria das infecções ocorrerem em casa.

Algumas investigações acerca do conteúdo microbiológico dos RSSI foram realizadas como uma maneira de buscar evidências do grau de contaminação desses resíduos como segue:

MATTOSO (1996), em sua pesquisa utilizou como indicadores: *Echerichia coli*, *Pseudomonas aeroginosa*, *Staphilococcus aureus* e *Enterococcus spp*, pois são microorganismos comumente utilizados em análise microbiológica de água de abastecimento e águas residuárias. A investigação foi realizada em amostras provenientes da UTI pediátrica. Os resultados mostraram a identificação positiva dos microorganismos indicadores em 20 amostras das 36 analisadas. Outros microorganismos também foram identificados nas amostras de RSSS: *Bacillus* sp, *Acinetobacter baumannii*, *Stenotrophomonas maltophylia*, *Flavobacterium meningosepticum*, *Klebsiella* sp, *Proteus* sp, *Enterobacter* sp.

SILVA (1993) identificou algumas espécies de microorganismos em estudo realizado em três estabelecimentos de assistência à saúde na cidade de Campinas (SP). Neste estudo foram utilizados como microorganismos indicadores *Staphilococcus Aureus*, *Salmonella* sp, para os quais os testes foram negativos e *Mycobacterium tuberculosis*, cuja identificação positiva ocorreu somente em uma amostra. No caso de um dos estabelecimentos de saúde investigados, conforme mostrado na Quadro 2.5, as áreas estudadas foram: UTI, Pronto Socorro (PS), enfermaria (ENF), centro cirúrgico (CC), cozinha (COZ) e escritório (ESC). A área mais contaminada foi a enfermaria que apresentou um número maior de espécies. O centro cirúrgico foi a área menos contaminada.

NODA e RÊGO (1993), realizaram estudos microbiológicos em amostras provenientes de setores como pronto socorro, ambulatórios, setor de enfermagem e

internação, copa/cozinha, centro cirúrgico e UTI de dois hospitais. Nessas amostras foram identificadas: *Staphylococcus aureus* e *Coliformes fecais*.

Quadro 2.5: Microorganismos identificados em algumas áreas de um estabelecimento hospitalar localizado na cidade de Campinas (SP).

Microorganismos	UTI	PS	ENF	CC	COZ	ESC
<i>Acinetobacter baumannii</i>	*		*	*		
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>			*			
<i>Bacillus spp</i>			*	*		
<i>Candida albicans</i>					*	*
<i>Citrobacter diversus</i>					*	
<i>Enterobacter aerogenes</i>		*				
<i>Enterobacter cloacae</i>	*	*	*	*		*
<i>Streptococcus faecalis**</i>						
<i>Echerichia coli</i>	*		*		*	
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	*	*	*			
<i>Mycobacterium tuberculosis**</i>						
<i>Proteus mirabilis</i>	*	*	*		*	*
<i>Proteus vulgaris **</i>						
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	*	*	*			
<i>Pseudomonas fluorescens</i>				*		
<i>Streptococcus</i> (não enterococo)						*

Fonte: (SILVA, 1993).

*Identificação positiva; ** identificação positiva em amostras obtidas nos dois outros estabelecimentos estudados.

ALTHAUS *at al* (1983) apud COLLINS e KENNEDY (1992) examinaram 21 amostras de resíduos domésticos e 264 amostras de diversas áreas de um hospital. Eles verificaram que os resíduos domésticos eram mais contaminados com patógenos que os RSS em número de células viáveis. Sendo que em algumas amostras de RSS nenhum microorganismo foi encontrado. Vinte e uma (21) espécies de microorganismos patogênicos (bactérias e fungos) foram identificadas no RSS, sendo 12 destas espécies, também identificadas nos resíduos domésticos. No Quadro 2.6, mostra-se uma compilação

desses resultados, contudo o autor não discrimina, entre as espécies identificadas, quais as encontradas nos resíduos domésticos.

Quadro 2.6: Microorganismos identificados em RSS e resíduos domésticos.

<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	<i>Streptococcus pyogenes</i>
<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Yersinia enterocolitica</i>
<i>Bacteroides melanogenicum</i>	<i>Alkaligenes</i> spp.
<i>Candida</i> spp.	<i>Bacillus</i> spp.
<i>Escherichia coli</i>	<i>Clostridium</i> spp.
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Citrobacter</i> spp.
<i>Listeria monocytogenes</i>	<i>Coliformes</i>
<i>Proteus</i> spp.	<i>Enterobacter</i> spp.
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Enterococcus</i> spp.
<i>Pseudomonas maltophilia</i>	<i>Hafnia</i> spp.
<i>Salmonella</i> serotypes	<i>Staphylococcus</i> spp.
<i>Serratia marcescens</i>	Levedura e microfungos
<i>Staphylococcus aureus</i>	

Fonte: (COLLINS E KENNEDY, 1992).

Os conteúdos microbiológicos de RSS e resíduos domésticos foram comparados por MOSE E REINTHALER (1985). Os resultados mostraram um maior número de espécies de microorganismos nos resíduos hospitalares, porém os resíduos domésticos apresentaram-se, quantitativamente mais contaminados, especialmente por bactérias fecais.

KALNOWSKI *at al* (1983) analisaram resíduos provenientes de várias áreas de um hospital (centro-cirúrgico, UTI, enfermaria), bem como resíduos domésticos. Concluiu que os RSS eram menos contaminados que os domésticos, com relação à presença de coliformes. Os resíduos domésticos apresentaram um número maior de coliformes quando comparados aos RSS, sendo a carga bacteriana das áreas do hospital de 10 a 100.000 vezes menor que a dos resíduos domésticos.

De acordo com a WHO (1999), poucos dados são disponíveis acerca dos impactos à saúde e ao meio ambiente, devido à exposição aos RSS perigosos. Uma melhor avaliação de riscos e efeitos da exposição permitiriam melhorias significativas no gerenciamento dos

resíduos e no planejamento de medidas de proteção mais adequadas. A grande diversidade de resíduos perigosos que podem estar envolvidos e as circunstâncias da exposição, também são problemáticos em todas as avaliações. Isso impede não somente o desenvolvimento de pesquisas analíticas unificadas, avaliação de exposição e efeitos, mas também a generalização de qualquer inferência analítica acerca de uma população específica exposta aos resíduos. Assim, sugere pesquisas adicionais para aumentar os conhecimentos sobre: a extensão da contaminação dos RSS; o nível do risco de contaminação da população exposta por rotas digestivas, respiratórias e percutâneas; e crescimento e sobrevivência de microorganismos durante a armazenagem.

2.1.4.2. Impactos a partir de RSS químicos, farmacêuticos, genotóxicos e radioativos

Não houve comprovação científica de incidentes ocorridos com o público em geral, devido aos produtos químicos e farmacêuticos provenientes de RSS. Os casos de lesões ou intoxicações, documentados, resultaram de manuseio impróprio dos produtos dentro dos estabelecimentos. Nenhuma publicação reportou efeitos adversos à saúde, resultantes de gerenciamento inadequado de resíduos genotóxicos (WHO, 1999).

Com exceção do caso de Goiânia (Brasil), ocorrido em 1988, cujo acidente foi atribuído à disposição inadequada de uma fonte de radiação proveniente de um instituto de radioterapia, não há dados disponíveis sobre impactos à saúde a partir de RSS radioativos. Pode ser que casos tenham ocorrido, mas não foram documentados e assim, os casos conhecidos são atribuídos: à falha de segurança na operação de aparelhos de raios-X, ao manuseio impróprio de soluções usadas em radioterapia ou controle inadequado de radioterapia (WHO, 1999).

2.1.5. Geração e caracterização de RSS

2.1.5.1. Geração de RSS

A quantidade de resíduos gerados em um estabelecimento de saúde é função das atividades que nele são desenvolvidas e dependerá, entre outros fatores: da capacidade e nível de desenvolvimento tecnológico da unidade, da quantidade de serviços oferecidos, especialidades existentes, tecnologia empregada, número de pacientes atendidos, entre outros (CEPIS, 1997b).

A quantificação dos RSS pode ser feita considerando-se a massa (kg) e/ou volume (L). A massa dos resíduos sólidos gerados por número de paciente atendido e por dia resulta na taxa de geração do estabelecimento. Esta pode ser estimada para o estabelecimento como um todo ou por setores (fonte de origem), como cirurgia, pronto socorro, maternidade, entre outros. No Quadro 2.7 são mostrados dados da geração de resíduos em estabelecimentos de assistência à saúde de alguns países.

Quadro 2.7: Taxa de geração de RSS em estabelecimentos de cuidados à saúde de alguns países.

LOCAL	UNIDADE	LEITOS	TAXA
Austrália	Hospital	Não consta	9,1 kg/leito.dia
Colômbia	Hospital Geral	130	2,2 kg/leito.dia
Grã-Bretanha	Hospital de Emergência	Não consta	2,5 kg/leito.dia
Grã-Bretanha	Maternidade	Não consta	3,0 kg/leito.dia
Argentina	Hospital	Não consta	4,2 kg/leito.dia
Peru	Hospital	Não consta	6,0 kg/leito.dia
Paraguai	Hospital	Não consta	4,5 kg/leito.dia
Brasil (São Paulo)	Hospital	Não consta	2,63 kg/leito.dia
Brasil (Campinas, SP)	Hospital Geral	77	4,46 kg/leito.dia
Taiwam	Hospital Universitário	100	4,6 kg/leito.dia
Venezuela	Hospital Geral	616	4,63 kg/pac.dia
Espanha	Hospital Geral	Não consta	2,8 kg/Leito.dia
Reino Unido	Hospital Universitário	Não consta	3,3 kg/leito.dia
Holanda	Hospital Universitário	800 – 900	6,6 kg/leito.dia

Fonte: (CASTRO, 1995).

Na Tabela 2.3 são mostrados os resultados da quantificação de RSS por fonte de origem, em hospitais, realizada por diferentes pesquisadores. Onde verifica-se que a maior contribuição, com cerca de 50% de todo o resíduo gerado é do setor de nutrição. Informações sobre a quantificação da geração por fonte de origem, possibilita a definição de metas de ação visando a minimização, reciclagem, tratamento e a disposição final (OROFINO, 1996).

Tabela 2.3: Quantificação de RSS provenientes de hospitais, de acordo com a fonte de origem.

Área	CETESB (1983) (%)	Castro (1996) (%)
Enfermaria	17,0	18,6
UTI	-	8,4
Centro cirúrgico	4,0	6,7
Administrativo	2,0	2,4
Ambulatório	-	3,7
Cozinha	50,0	47,7
Maternidade	8,0	-
Ortopedia	7,0	-
Outros	12,0	9,7

Segundo a WHO (1999), a estimativa média de distribuição dos RSS, que inclusive pode ser utilizada para uma análise preliminar do plano de gerenciamento de resíduos é: 80% resíduos comuns; 15% resíduos patológicos e infectantes; 1% resíduos perfurantes e cortantes; 3% resíduos químicos e farmacêuticos e menos de 1% de resíduos quimioterápicos, contêineres pressurizados, termômetros quebrados e baterias usadas.

Na Tabela 2.4 são mostrados os resultados de uma pesquisa realizada sobre a geração de RSS perigosos em alguns países da América Latina e Caribe.

Tabela 2.4: Quantidades de RSS perigosos produzidos em estabelecimentos de assistência à saúde de alguns países da América Latina e Caribe.

País	Nº de Leitos	Geração de RSS perigosos (t/ano)
Argentina	150.000	32.850
Brasil	501.660	109.960
Cuba	50.293	11.010
Jamaica	5.745	1.260
México	60.100	13.160
Venezuela	47.200	10.340

Fonte: (PAHO, 1994 apud WHO, 1999)

Dos estabelecimentos que geram RSS, certamente, os hospitais são os maiores geradores. AKUTSU e HAMADA (1993) inventariaram alguns estabelecimentos na cidade de Porto Alegre, a quantidade de RSS gerada pelos 17 maiores hospitais, contribuiu com 85% do total dos estabelecimentos geradores dessa cidade. Estudos realizados na cidade de Guarulhos, pelos mesmos pesquisadores, mostraram uma contribuição dos hospitais em torno de 62,4%, com relação aos outros estabelecimentos inventariados, conforme mostrado na Tabela 2.5. Em Florianópolis a produção média dos hospitais situou-se em torno de 72% (ESPÍNDOLA *at al*, 1987).

Tabela 2.5: RSS produzidos por estabelecimentos de saúde localizados na cidade de Guarulhos (SP).

Tipo de estabelecimento	No de unidades inventariadas	Qde. de resíduos produzidos (kg/dia)	Participação no total geral (%)
Hospitalar	17	3690,55	62,4
Pronto atendimento	46	416,58	7,04
Clínicas dentárias	279	363,78	6,15
Farmácias e drogarias	174	586,75	9,92
Ambulatórios industriais	85	170,20	2,88
Ambulatórios	121	356,05	6,02
Clínicas médicas	300	304,77	5,15
Clínicas veterinárias	6	25,70	0,43
Total	1028	5914,38	100

Fonte: (AKUTSU E HAMADA, 1993)

A quantificação de resíduos por categoria de estabelecimento gerador (hospital, farmácias, clínicas médicas, entre outros) é importante, pois, dentro de um plano de gerenciamento de RSS, esta informação orienta o processo de implantação do mesmo, que deve iniciar-se pelos maiores geradores (OROFINO, 1996).

2.1.5.2. Caracterização de RSS

Uma das características importantes dos RSS é sua heterogeneidade, característica que é consequência do grande número de atividades pertencentes ao serviço de saúde (KOPYTYNSKI, 1997).

A composição dos RSS pode ser estabelecida a partir de diferentes critérios de classificação de componentes, segundo seja a utilidade que um critério possa apresentar na resolução de um problema específico. Deste modo, os diversos materiais podem ser classificados de acordo com o seu ponto de origem, sua combustibilidade, seu caráter orgânico, sua periculosidade, ou de acordo com os compostos e elementos químicos que compõem os resíduos.

O conhecimento das características dos RSS auxilia no planejamento de um sistema de gerenciamento adequado na seleção adequada de embalagens, treinamento de pessoal, transporte, tratamento e disposição final, que são componentes básicos da formulação de uma política de gerenciamento (FUENTE, 1994).

A composição dos resíduos varia significativamente não somente de país para país, mas também entre os estabelecimentos de um mesmo país e dentro do próprio estabelecimento, por fonte de origem.

Nas Tabelas 2.6 e 2.7 são mostrados dados da composição gravimétrica de RSS provenientes de estabelecimentos de assistência à saúde, respectivamente de Taiwan e da Itália

Tabela 2.6: Composição de RSS de 3 (três) hospitais em Taiwan, China.

Material	% peso (bu)		
	Hospital universitário	Hospital A	Hospital B
Papel	16	34	51
Plástico	50	21	18
Têxteis	10	14	2
Resíduos de alimentos	21	17	7
Metais (agulhas, etc.)	0,5	1	9
Vidro	1	11	8
Outros	1,5	2	5

Fonte: (WHO, 1999).

Tabela 2.7: Composição média de resíduos de estabelecimentos de saúde na Itália.

Material	% peso (bu)
Plástico	46,1
Papel	33,8
Vidro	7,5
Metais	0,4
Resíduos anatômicos	0,1
Líquidos	12
Outros	0,1

Fonte: (LIBERTI *et al*, 1994).

Na Tabela 2.8 são mostrados dados obtidos a partir da determinação da composição gravimétrica de RSS, de alguns setores de dois hospitais brasileiros (A e B) obtidos em 1990 pela CETESB. Na Tabela 2.9 são mostrados os resultados de caracterização físico-química de RSS infectantes realizada em estabelecimentos de assistência à saúde na Itália.

Tabela 2.8: Dados sobre a composição gravimétrica de RSS por setor (fonte) de geração para 2 (dois) hospitais brasileiros identificados como hospital (A) e hospital (B).

MATERIAIS	SETORES (UNIDADES)									
	Cirurgia		Copa/Coz.		Enf./Int.		PS/Amb.		UTI	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Papel	36,8	40,4	9,25	5,20	43,70	56,85	62,10	40	37,2	32,2
Vidro	-	2,8	-	-	5,25	-	-	9,4	5,8	8,5
Plástico	35,1	22,6	3,00	4,80	32,05	5,40	19,25	38,8	39	44,1
Metal	2,8	1	-	16,25	0,80	-	2,05	-	0,2	-
Tecido	15,8	22,7	0,20	-	5,85	22,20	5	11,8	2,8	6,8
M.O	-	1,7	83,00	70	11,00	2,80	7,2	-	-	2,7
Borracha	8,1	3,3	-	-	1	4,35	0,4	-	14,2	1,7
Madeira	-	-	-	-	0,35	0,80	0,6	-	-	-
Outros	1,4	6,5	4,50	3,70	-	7,60	3,4	-	0,80	4
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fonte: (CETESB, 1997).

NOTA. Valores fornecidos em % peso; (-) ausência de material; M. O. (matéria orgânica).

Tabela 2.9: Caracterização físico-química de RSS infecciosos, obtida a partir de estabelecimentos de saúde na Itália.

Parâmetros	Valor
Densidade	0,11 (kg/L)
Poder calorífico	
<i>Superior</i>	3.900 (kcal/kg)
<i>Inferior</i>	3.000 (kcal/kg)
Cloreto	0,4 (%)
Mercúrio	2,5 (mg/kg)
Cádmio	1,5 (mg/kg)
Chumbo	28,0 (mg/kg)

Fonte: (LIBERTI *at al*, 1994).

2.1.6. Gerenciamento de RSS

Define-se gerenciamento como a escolha de alternativas em situações que envolvam múltiplas opções. O gerenciamento dos RSS é uma atividade complexa, pois envolve tanto o manejo interno dos resíduos, pelo estabelecimento gerador, como externo, que é realizado pelos serviços de limpeza pública municipais (D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

2.1.6.1. Aspectos do gerenciamento de RSS em nível internacional

De acordo com TAKAYANAGUI e CASAGRANDE (1993), nos Estados Unidos o gerenciamento dos RSS é muito polêmico em decorrência da existência de várias agências e serviços de âmbito federal e estadual, com legislação e regulamentações não convergentes, que tornam difícil a organização de sistemas de administração específicos. As diferentes definições para resíduos infectantes adotadas pelas entidades americanas geram dúvidas no meio técnico - científico e principalmente, junto às administrações dos estabelecimentos geradores quanto à classificação mais adequada e sobre quais resíduos devem ser tratados de forma diferenciada, levando-os muitas vezes a cometer erros no manuseio. Normalmente, ocorre excesso de cuidados causando desperdício de recursos.

Quando da aprovação de *Medical Waste Tracking Act* de 1988 (MWTA) o item mais questionado por pesquisadores, principalmente da área de epidemiologia como RUTULA e MAYHALL (1992); COLLINS e KENNEDY (1992); APIC (1992); KEENE (1991); KARPIAK e PUGLIESE (1991); RUTULA e WEBER (1991); RUTULA et al. (1989) foi a extensa quantidade de tipos de RSS classificados como infectantes, segundo tais estudiosos as regras de classificação foram muito rígidas em função da existência de riscos adicionais à saúde pública e ao meio ambiente provenientes do RSS, não existentes do ponto de vista epidemiológico. A consequência de um número significativo desses RSS seria o aumento de custos no gerenciamento. Perfurantes e cortantes e resíduos microbiológicos foram os tipos de RSS, para os quais houve consenso dos autores citados, sobre sua periculosidade e conseqüente segregação diferenciada.

EITEL (1998) na investigação de 78 hospitais americanos, através de formulários acerca da adequação desses estabelecimentos ao *Medical Waste Tracking Act* (MWTA) verificou que a grande maioria dos estabelecimentos encontrou inúmeros problemas no gerenciamento de seus RSS sendo os mais citados: a elevação dos custos e problemas operacionais.

Contudo, tais questionamentos obtiveram pouca eficácia e atualmente o modelo de gerenciamento diferenciado para os RSS, principalmente para os resíduos do tipo infectantes se estabeleceu de forma hegemônica nos países desenvolvidos como Alemanha, França, entre outros e vem ganhando cada vez mais força nos países em desenvolvimento (FERREIRA, 2000).

Na Alemanha os RSS são separados em cinco categorias (de A a E), que indicam o grau de toxicidade de cada conteúdo. Os RSS infecciosos são incinerados em usinas equipadas com eficientes filtros que garantem risco zero à população. Os funcionários são treinados para um manuseio apropriado dos resíduos e a população contribui para o aumento da conscientização em torno do problema, o que diminui o número de infecções hospitalares. Os alemães gastam cerca de 2 mil US\$/tonelada/mês com os RSSI, enquanto os gastos com os resíduos domiciliares, mesmo com altos graus de tratamento, não representam metade desta quantia. A Alemanha é atualmente, o país onde os RSS recebem o melhor tratamento no mundo (AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS, 2002).

Assim como a Alemanha, a França segue severos padrões de coleta e tratamento dos RSS infeccioso. Na França, o resíduo é moído e incinerado. A incineração não representa nenhum risco à população, por causa dos altos padrões no controle de emissões atmosféricas, procedimento semelhante ao Germânico (AS EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS, 2002).

2.1.6.2. Aspectos do gerenciamento de RSS no Brasil.

No Brasil, o modelo de gerenciamento diferenciado para os RSS pode ser evidenciado nas normas e legislação mais recentes sobre o assunto e o grande número de estabelecimentos, particularmente hospitais que tentam se adequar ao modelo de gerenciamento (FERREIRA, 2000). O gerenciamento interno dos RSS, conforme o CONAMA (2001) é responsabilidade de cada estabelecimento gerador.

O gerenciamento interno, ainda não é uma prática comum em estabelecimentos como hospitais, clínicas particulares, farmácias, entre outros, mesmo sendo esta uma responsabilidade de cada estabelecimento gerador. Na maioria dos hospitais, escolas de medicina e outros estabelecimentos não se observam definições precisas, classificação, quantificação, resultando em um gerenciamento inadequado. Alguns estabelecimentos têm organizado a coleta internamente, porém encontram dificuldades na disposição final (coleta externa), realizada pelos serviços de limpeza de forma não diferenciada (D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

DALTRO FILHO e SANTOS (2000); ETEDILE et al. (2000) em suas investigações identificaram vários problemas, com relação ao gerenciamento interno de RSS em alguns hospitais, como: falta de planejamento adequado para os locais de armazenamento, falta de padronizações locais (contêineres, simbologia, entre outros, conforme a legislação vigente), escassez de recursos humanos, ausência de critérios claros e definidos de segregação, coleta interna inadequada, não utilização de EPI's pelos trabalhadores envolvidos diretamente na coleta, entre outros.

Na prática também tem sido verificado, que não é fácil combinar as ações de gerenciamento de RSS dos estabelecimentos geradores com as ações municipais, que na maioria dos municípios brasileiros assumem a coleta externa e disposição final dos RSS. Em função da inexistência de uma responsabilidade legal explícita dos municípios, com

relação aos RSS e o desconhecimento do potencial de riscos dos mesmos, na grande maioria dos municípios brasileiros esses resíduos não recebem nenhum tratamento especial. Em geral, são coletados juntamente com os resíduos domésticos e recebem o mesmo destino final (BRASIL, 1997 apud D'ALMEIDA e VILHENA, 2000).

2.1.6.3. Aspectos técnicos operacionais do gerenciamento de RSS.

De acordo com a FUNDAÇÃO NATURA (1997) a implementação de um plano de gerenciamento de RSS dentro de um estabelecimento de saúde tem as seguintes finalidades: aumentar a segurança, evitando a exposição dos trabalhadores e da comunidade aos resíduos contaminados; reduzir o impacto ambiental, visto que se obtém uma redução quantitativa de resíduos perigosos além da melhoria da imagem do estabelecimento (é possível também, junto aos departamentos ou órgãos de limpeza dos municípios, se promover um correto transporte e disposição final dos resíduos, minimizando o impacto que esses poderiam causar ao meio ambiente); reduzir os custos, ao separar os resíduos perigosos, que constituem uma pequena fração do total de resíduos gerados no estabelecimento, diminuem os custos de transporte externo (*off-site*), tratamento e disposição final e se o gerenciamento dos resíduos visar também a reciclagem, os benefícios advindos desta, podem ser utilizados para minimizar custos de processo.

Um gerenciamento apropriado permite que os RSS perigosos sejam manuseados de acordo com procedimentos estabelecidos (leis, decretos, regulamentações em nível federal, estadual e municipal, além de publicações de guias elaborados por agências e organizações profissionais) desde o seu ponto de geração até sua disposição final. Um sistema de gerenciamento de resíduos deve ser documentado em um plano e deve incluir (BLACKMAN, 1996): designação/identificação dos resíduos; segregação; acondicionamento; armazenagem; transporte; técnicas de tratamento; disposição final de resíduos tratados; plano de contingência e treinamento do pessoal envolvido.

Identificação dos tipos de RSS: O plano deve especificar qual a classificação adotada para a segregação dos resíduos na fonte. Especificar claramente quais resíduos devem ser manuseados como infectantes.

Segregação - recomenda-se: segregação dos resíduos a partir das fontes geradoras; utilização de contêineres e sacos plásticos identificados claramente (identificados com o

código de cores) e utilização de símbolos universais para resíduos perigosos (biológicos e radiativos) nos contêineres e sacos plásticos.

A minimização dos resíduos, utilizando-se o procedimento de segregação, irá beneficiar etapas posteriores, visto que, o volume a ser tratado e disposto diminuirá significativamente, e os resíduos considerados comuns poderão ter disposição final semelhante aos resíduos domésticos. A segregação na fonte geradora dos diversos tipos de RSS, mediante a adoção de uma classificação de RSS, permite uma perfeita identificação dos mesmos, o que se constitui no primeiro passo para a implantação de programas de reuso, reciclagem, tratamento, disposição final, assim como para fixar metas orientadas a reduzir os custos do manejo. Os objetivos da separação dos resíduos em grupo são (CETESB, 1997):

- Impedir a contaminação de grande quantidade de resíduo por uma pequena quantidade de material perigoso;
- Normalizar e implementar a classificação, a coleta e o armazenamento dos resíduos sólidos;
- Treinar a comunidade dos estabelecimentos de saúde para a classificação do resíduo na fonte geradora;
- Proporcionar a recuperação do resíduo reciclável gerado nos serviços de saúde, e,
- Prevenir acidentes ocasionados pela inadequada separação e acondicionamento dos perfurantes e cortantes.

Acondicionamento - o acondicionamento dos resíduos, objetiva a formação de uma barreira de proteção aos trabalhadores que manuseiam os resíduos e ao público em geral, contra possíveis lesões e doenças que possam resultar da exposição aos resíduos. Recomenda-se:

- Seleção de materiais apropriados para a embalagem do tipo de resíduo manuseado e devidamente identificado, por código de cor ou símbolos: sacos plásticos para resíduos sólidos e semi-sólidos, embalagens resistentes a perfurações para perfurantes e cortantes e frascos ou tanques para líquidos.

- Uso de embalagem que mantenha a integridade dos resíduos durante a coleta interna, armazenagem e transporte;
- Fechamento do topo dos sacos, apropriadamente, de forma a impedir a abertura dos mesmos durante a coleta interna, armazenagem e transporte, e,
- Não compactação de resíduos infecciosos ou resíduos infecciosos embalados antes do tratamento

Armazenagem - a temperatura e o tempo de armazenagem são fatores importantes, pois, estão diretamente relacionados à velocidade de putrefação dos resíduos, que resulta em problemas de odores. Recomenda-se: minimização do tempo de armazenagem; acondicionamento dos sacos de resíduos para impedir a ação de vetores; acesso restrito à área de armazenagem e identificação dos locais de armazenagem com os símbolos universais de resíduos perigosos (biológicos e radiativos).

Transporte - recomenda-se: evitar equipamentos de carga e descarga mecânicos que possam romper as embalagens dos resíduos; freqüente desinfecção dos carros utilizados no transporte interno dos resíduos e transporte externo em veículos fechados.

Tratamento – recomenda-se: o estabelecimento de procedimentos padrão de operação para cada processo usado para tratamento dos resíduos; monitorização de todos os processos para assegurar um tratamento eficiente e efetivo e o uso de indicadores biológicos para monitorar o tratamento.

Disposição final de resíduos tratados - resíduos infecciosos que tenham sido efetivamente tratados e tornados irreconhecíveis podem ser misturados e dispostos como os resíduos sólidos comuns.

Plano de contingência - o plano de gerenciamento de resíduos deve incluir um plano de contingência para prover situações de emergência. O plano deve incluir, mas não ser limitado a procedimentos, a serem utilizados sob as seguintes circunstâncias:

- Derramamento de resíduos infecciosos líquidos – procedimentos de limpeza, proteção do pessoal e disposição do resíduo recolhido,

- Ruptura de embalagens plásticas (ou outra perda qualquer de containerização): procedimentos de limpeza, proteção do pessoal e reembalagem dos resíduos, e,
- Falha de equipamentos (tratamento dentro e fora do estabelecimento, sistema de coleta para tratamento fora do estabelecimento ou disposição final): arranjos alternativos para armazenagem e tratamento.

Treinamento do Pessoal envolvido - o treinamento deve incluir uma explanação do plano de gerenciamento dos RSS e avaliação de papéis e responsabilidades do pessoal envolvido para implementação do plano de gerenciamento. Tal educação é importante para todos os empregados, tanto para aqueles que geram como para os que manuseiam os resíduos, resguardando-se o papel do empregado ou tipo de trabalho. O programa de treinamento deve ser implementado: quando o plano de gerenciamento for desenvolvido e instituído; quando novos empregados forem admitidos e sempre que as práticas de gerenciamento forem mudadas.

A educação contínua é também uma parte importante do treinamento do pessoal. O treinamento ajuda na manutenção da percepção do potencial perigoso apresentado pelos resíduos. O treinamento também serve para reforçar as políticas de gerenciamento e os procedimentos detalhados no plano de gerenciamento.

2.2. TECNOLOGIAS EMPREGADAS NO TRATAMENTO DE RSS

Conforme a Resolução do CONAMA (2001), sistema de tratamento de RSS é definido como conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, físico-químicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzem à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente.

2.2.1. Incineração

O emprego da incineração como método de tratamento de resíduos infectantes data das grandes epidemias do passado. Em 1874, quando surgiu na Inglaterra a primeira instalação de queima de lixo urbano em maior escala, esta se desenvolveu continuamente, tendo forte aceitação, na Europa e no Japão, onde havia escassez de espaço para implantação de aterros. Atualmente, os pequenos incineradores são cada vez menos viáveis

economicamente, devido aos custos do tratamento dos efluentes gasosos, enquanto antigos incineradores incapazes de atender às normas vão sendo desativados. A perspectiva em longo prazo é que os incineradores se tornem equipamentos especializados, empregados apenas no processamento de determinados tipos de resíduos que não possam ser tratados de outra forma e deverão ser mantidos em instalações centralizadas, atuando de forma a complementar outros sistemas de tratamento de RSS. Atualmente a instalação de incineradores dentro de hospitais, assim como em áreas densamente povoadas é vetada pela maioria dos órgãos ambientais, ainda na fase de consulta prévia (RIBEIRO FILHO, 1999).

A redução no uso da incineração (desativação de cerca de 50% dos incineradores empregados no tratamento de RSS) contribuiu para a criação de tecnologias alternativas. Estas estão disponíveis a partir de quarenta grandes fabricantes nos EUA, Europa, Oriente Médio e Austrália. A capacidade dos sistemas de tratamento atende desde pequenos geradores (entre 11 e 45 kg de resíduos por ciclo), bem como, estabelecimentos maiores ou indústrias especializadas, com capacidade superior a 900 kg de resíduos por ciclo (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

Em muitos casos, simultaneamente, tratam, destroem e reduzem o volume dos resíduos, através do uso de trituração ou moagem como pré- ou pós-tratamento ou ainda pelo uso de temperaturas extremamente altas (superior a 2.800 °C) para reduzir o volume a cinzas. Contudo, resguardando-se a capacidade, a extensão da automação ou redução global do volume. Todas as tecnologias alternativas utilizam um ou mais dos seguintes princípios: 1) aquecem os resíduos a uma temperatura mínima de 95 °C por meio de microondas, ondas de rádio, óleo quente, água quente, vapor e gases superaquecidos; 2) expõem os resíduos a produtos químicos tais como: hipoclorito de sódio ou dióxido de cloro aquecido ou não; 3) submetem os resíduos a uma fonte de radiação (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

Alguns exemplos de tecnologias alternativas são citados a seguir.

2.2.2. Sistemas de baixa temperatura: *Microondas*

Microondas são definidas como ondas que apresentam frequência entre as do rádio e do infravermelho no espectro eletromagnético. No tratamento do RSS aquecem o resíduo pré-triturado e umedecido para gerar calor e vapor. A combinação de microondas e a umidade são responsáveis pela geração de calor que irá efetivar o tratamento. Neste tipo de

tratamento o resíduo é exposto a temperaturas de 95 a 98 °C por um tempo de 30 a 45 minutos. Não podem ser tratados por esta tecnologia objetos metálicos, partes anatômicas do corpo humano, substâncias radioativas e produtos químicos perigosos (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

2.2.3. Sistema de baixa temperatura: *Calor seco*

Vários sistemas de tratamento, disponíveis para grandes e pequenos geradores, inativam termicamente microorganismos, potencialmente patogênicos, pela utilização de ar e óleo aquecidos eletricamente ou plásticos fundidos. A tecnologia que emprega óleo aquecido expõe os resíduos macerados às temperaturas de 98 -100 °C, com aquecimento indireto, durante um período de 20 - 25 minutos. Peças anatômicas, objetos metálicos grandes, resíduos radiativos, entre outros, não podem ser tratados por esta tecnologia (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

2.2.4. Esterilização com vapor: *Autoclavagem*

No tratamento em autoclave o resíduo é exposto a altas temperaturas mediante a injeção de vapor e alta pressão, que permitem a eliminação de patógenos. Comumente, aceita-se uma temperatura de 121 °C com um tempo de residência de 30 minutos ou mais dependendo da qualidade do resíduo. Existem três tipos de autoclave: (1) autoclave de esvaziamento por gravidade que opera com temperatura de 121 °C e pressão de 1,1 a 1,2 atm. (2) autoclave pré-vácuo que opera com temperatura de 132 °C e pressão entre 1,84 a 2,18 atm e (3) autoclave de retorta com temperatura superior a 204 °C e pressão de vapor superior a 20,4 atm (MONGE, 1997).

A utilização da autoclave se restringe aos resíduos pertencentes ao grupo A, segundo o CONAMA (1993/2001) não sendo permitido a esterilização destes quando estiverem misturados com resíduos químicos ou de quimioterapia. As partes reconhecíveis do corpo humano ou carcaças de animais não devem ser processadas em autoclave. É importante que a implantação de sistema de tratamento por autoclave seja precedido de um programa de segregação de resíduos, para permitir o correto dimensionamento do equipamento, e garantir que apenas os resíduos permitidos sejam tratados (SINETA, 1999).

2.2.5. Sistemas de alta temperatura: Pirólise

A pirólise emprega altas temperaturas, entre 545 a 1000 °C. Queima os resíduos na ausência de oxigênio e em função das altas temperaturas o sistema trata, destroi e reduz peso e volume. Após a queima é necessária a oxidação dos gases gerados. Esta tecnologia não se aplica aos resíduos de alguns produtos químicos, especialmente, os que oferecem risco de explosão (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

2.2.6. Sistemas de alta temperatura: Tecnologia de plasma

No sistema de tratamento que emprega plasma, uma corrente elétrica é utilizada para ionizar um gás inerte, *ex.* argônio, até a formação de um arco elétrico que gera temperatura de cerca de 6000 °C. Para o tratamento do resíduo hospitalar empregam-se temperaturas entre 1300 - 1700 °C, o resíduo é convertido em escória, metais e gases inertes (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

2.2.7. Tratamento químico

Os sistemas de tratamento químico têm uma grande e bem sucedida história no campo dos serviços de saúde, em desinfecção e esterilização de superfícies e equipamentos. Inerentemente, na operação de tais sistemas os resíduos devem ser preliminarmente triturados e em seguida expostos aos produtos químicos, tais como: hipoclorito de sódio, dióxido de cloro, ácido peracético, compostos quaternário de amônio, entre outros. Para a obtenção de resultados satisfatórios toda a massa de resíduo deve entrar em contato direto com o agente químico. Alguns sistemas combinam calor com os agentes químicos para reduzir o ciclo de tratamento (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

2.2.8. Tratamento por radiação

A radiação, *ex.* cobalto 60, foi usada durante muitos anos como um meio de inativar microorganismos patogênicos da superfície de produtos médicos diversos. Esta se constitui em uma alternativa promissora, desde que a dosagem exata de radiação possa ser calculada. Contudo, ainda não foi realizada em escala comercial. Atualmente, uma nova fonte de radiação tem sido utilizada como tecnologia alternativa no tratamento dos resíduos hospitalares. Esta emprega um feixe de elétrons gerados por um acelerador, tal projeto foi

realizado pela empresa Nutek Coporation. Da mesma forma que outros sistemas de radiação, exige muitos cuidados para proteger os trabalhadores e o ambiente. Pode tratar somente uma quantidade muito pequena de resíduos e não altera a aparência física do material (SALKIN e KRISIUNAS, 1998).

2.3. AVALIAÇÃO DA EFETIVIDADE DOS PROCESSOS DE TRATAMENTO DE RSS INFECTANTES

A efetividade do tratamento de RSS infecciosos (RSSI) pode ser medida pela morte ou inativação de microorganismos indicadores apropriados e inoculados no resíduo real ou resíduo “tipo” (obtido a partir de materiais biomédicos não utilizados).

2.3.1. Inativação microbiológica

Refere-se ao efeito de processos físicos ou químicos que tornem os microorganismos incapazes de se multiplicar. Tais processos podem matar ou inibir os microorganismos, em certa extensão, cuja efetiva reabilitação e crescimento dos mesmos tornem-se impossíveis. Há, porém vários níveis de inativação térmica, conforme a EPA (1993a).

Inativação microbiológica nível I: a inativação microbiológica nível I, destrói muitos microorganismos patogênicos. Esta é indicada pela inativação, de pelo menos 10^5 bactérias vegetativas (empregando-se microorganismo de referência). A inativação microbiológica nível I pode ser obtida através de uma grande variedade de processos físicos e químicos, porém não inativa micobactérias e nem esporos de bactérias.

Inativação microbiológica nível II: inativação microbiológica nível II é definida como a inativação significativa de bactérias vegetativas, fungos, vírus e parasitas, porém não inativa esporos de bactérias. É indicada pela inativação, de pelo menos 10^5 micobactérias (empregando-se microorganismo de referência).

Inativação microbiológica nível III: a inativação microbiológica nível III, indica a morte ou inibição de formas de vida microbiana devido à inativação de uma concentração, de pelo menos 10^4 esporos do microorganismo indicador. Esporos de

Bacillus subtilis podem ser utilizados para indicar nível III de inativação microbiológica para muitos tratamentos térmicos.

Inativação microbiológica nível IV: a inativação microbiológica nível IV indica morte ou inibição de formas de vida microbiana, pela inativação de uma concentração, de pelo menos 10^6 esporos de bactérias usados como indicadores, que são reconhecidamente os mais resistentes aos processos de tratamento por calor úmido. Esporos de *Bacillus stearothermophilus*, reconhecidos como os mais resistentes ao calor úmido são utilizados como indicadores de inativação microbiológica nível IV para sistemas de autoclavagem.

2.3.2. Avaliação da efetividade de tratamento de RSSI

Para verificar a efetividade de sistemas de tratamento de RSSI, os órgãos ambientais competentes exigem testes microbiológicos. Historicamente os testes biológicos (utilização de indicadores microbiológicos) são as mais aceitáveis referências para a determinação da efetividade de processos de esterilização (JOSLYN, 1991).

Os indicadores microbiológicos são cepas selecionadas de microorganismos resistentes aos processos (BLOCK, 1991). Os microorganismos recomendados para a realização de testes de efetividade de tratamentos de RSSI são cepas selecionadas de esporos de *B. subtilis* var. *niger* e *B. stearothermophilus* (EPA, 1993b).

Esses microorganismos são resistentes à inativação química e física, não são patogênicos e são facilmente isolados em uma grande variedade de meios de cultura. Esporos de *B. stearothermophilus* não são, comumente encontrados no RSS, contudo são facilmente isolados quando inoculados nesses resíduos. Outras características desejáveis desses microorganismos são: *B. stearothermophilus* pode ser seletivamente cultivado a 55 °C, bem acima da temperatura, na qual, muitos microorganismos podem crescer; *B. subtilis* var. *niger* é facilmente distinguido a partir de outros microorganismos que crescem a 37 °C devido à sua pigmentação alaranjada (EPA, 1993c).

Entretanto, conforme BLOCK (1991), existe uma notável diferença, entre as resistências dos microorganismos indicadores aos diferentes tipos de agentes (calor, químico, radiação, entre outros). Comparações entre *B. stearothermophilus* e *B. subtilis* mostraram que o *B. subtilis* var. *niger* é mais resistente ao calor seco que

o *B. stearothermophilus*, quando ambos são submetidos às mesmas condições de temperatura. No entanto, o *B. stearothermophilus* é mais resistente ao calor úmido que o *B. subtilis* quando ambos são submetidos às mesmas condições de temperatura.

De acordo com MENOITA (1999), todos os fabricantes de tecnologias, equipamentos ou processo alternativos disponíveis comercialmente projetados ou com o objetivo de tratamento de RSS infectantes devem fornecer provas laboratoriais específicas que demonstrem:

- A inativação de amostras representativas de bactérias vegetativas, vírus lipofílicos/hidrofílicos, fungos, parasitas e micobactérias, em um nível de redução, de pelo menos 6 log₁₀.
- A inativação de esporos (endósporos) de microorganismos indicadores *B. stearothermophilus* ou *B. subtilis*, em um nível de 4 log₁₀ ou superior.

Para a rotina de verificação devem ser elaborados protocolos, que devem incorporar procedimentos padronizados e reconhecidos. Os protocolos devem ser coerentes com o método de tratamento a ser utilizado (microorganismo indicador, locais aonde devem ser colocados o indicador, entre outros) (MENOITA, 1999).

A carga de resíduo teste, contendo o microorganismo indicador, deve ser preparada de maneira que possa ser colocada dentro do sistema de tratamento como uma carga normal e ser recuperada facilmente. O sistema deve ser testado sob condições de operação normal. A carga de resíduo teste deve ser colocada no sistema e recuperada após um ciclo padrão de tratamento (EPA, 1993a). Para autoclaves o teste de verificação da efetividade deve ser realizado a cada 40 horas ou semanalmente, o que ocorrer primeiro (SINETA, 1991).

A Tabela 2.10 mostra resultados de um teste de efetividade de tratamento, a partir de um equipamento que utiliza microondas, instalado na cidade de Campinas (SP), Brasil, realizado pelo Instituto Adolfo Lutz (Campinas), quando da instalação desse equipamento.

Tabela 2.10: Testes microbiológicos para a comprovação de efetividade de tratamento de RSS infectantes por microondas.

Microorganismo	Cepas	Resultados
<i>B. subtilis</i>	6633 (ATCC)	Sem crescimento
<i>Staphylococcus aureus</i>	25923	Sem crescimento
<i>Escherichia coli</i>	25922	Sem crescimento
<i>Coliformes fecais</i>	8090/3050	Sem crescimento
<i>Salmonella sp</i>	IAL*	Sem crescimento
<i>Clostridium perfringes</i>	IAL*	Sem crescimento

Fonte: BISORD, *et al.* (1999).

* IAL, Instituto Adolfo Lutz.

2.4. SECAGEM

A operação de secagem é utilizada em vários segmentos industriais na preparação de pós, sólidos granulares, lâminas, grandes objetos cerâmicos e em indústrias específicas que envolvem alimentos, produtos químicos e farmacêuticos, têxteis, pigmentos, papel, madeira, minérios, polímeros, couro, borracha, entre outros (LONG, 1995). Além disso, representa um papel importante no campo da agricultura. Entre as inúmeras vantagens para a aplicação da secagem, a redução do peso e do volume se destaca, pois tornam o transporte economicamente vantajoso (COOK e DUMONT, 1991).

Do ponto de vista ambiental, a secagem pode ser considerada uma tecnologia em ascensão. Da mesma forma que outras operações da engenharia química, adsorção, absorção, sedimentação, entre outras (utilizadas em outros setores industriais como alimentos e siderurgia) obtiveram êxito na área ambiental, a secagem também vem sendo aplicada nessa área, com resultados significativos.

A secagem de *lodos* tem merecido bastante atenção como uma forma de obtenção de características específicas que tornam esses materiais mais fáceis de serem dispostos e reutilizados, pois, minimiza a quantidade de lodo remanescente (pela redução de volume e peso), melhora a sua qualidade higiênica, serve como um estágio preliminar importante para a incineração e pirólise, gera um produto adequado para a armazenagem, disposição em aterros sanitários, utilização como fertilizante e no condicionamento de solos (HASSEBRAUCK E ERMEL, 1996).

ANDREOLI *et al.* (2000) realizaram estudos de avaliação dos parâmetros da secagem e desinfecção de lodo de esgoto em estufa e obtiveram resultados satisfatórios com relação ao grau de desinfecção e redução do volume. A limpeza de solos contaminados por compostos orgânicos voláteis (VOC's), óleos e combustíveis empregando-se a operação de secagem, também caracteriza uma das aplicações desta operação na área ambiental (LONG, 1995).

2.4.1. Considerações gerais sobre a secagem

A secagem é a operação unitária que converte um material alimentado na forma líquida, semi - sólida ou sólida em um produto sólido com teor de umidade significativamente baixo. O fornecimento de energia, mudança de fase e um produto sólido com baixo teor de umidade, distinguem esta operação de outros processos de separação de líquidos, puramente mecânicos como a centrifugação, filtração e prensagem ou físico-químicos como evaporação, desumidificação, extração, absorção e osmose (MUJUMDAR, 1997).

Usualmente, o material que é submetido a um processo de secagem, consiste em geral da matéria seca (esqueleto) e uma certa quantidade de umidade, principalmente, no estado líquido. O chamado “material úmido” apresenta diferentes propriedades físicas, químicas, estruturais, mecânicas, bioquímicas, entre outras, que resultam das propriedades do esqueleto e do estado da água no seu interior. Embora todos esses parâmetros possam influenciar significativamente o processo de secagem e assim determinar a técnica e a tecnologia de secagem, as mais importantes na prática, são as propriedades mecânicas-estruturais, o tipo de umidade no sólido e a ligação umidade-material (STRUMILLO E KUDRA, 1986).

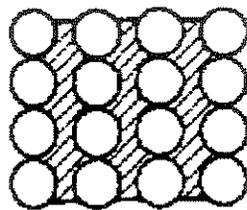
De acordo com STRUMILLO E KUDRA (1986) os tipos de umidade que podem ser encontradas em um sólido são:

Umidade superficial: o líquido existe como um filme externo sobre o material devido a efeitos de tensão superficial.

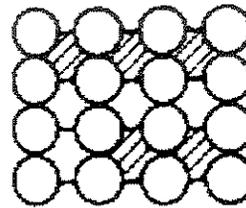
Umidade não ligada: todo o conteúdo de umidade presente em um material não higroscópico está na forma não ligada. Em um material higroscópico é a umidade em excesso do conteúdo de umidade de equilíbrio que corresponde à umidade de saturação.

A umidade não ligada pode estar presente em uma destas duas formas: *estado funicular* – líquido em estado contínuo existe dentro do corpo poroso; *estado pendular* – o líquido em torno e entre as partículas discretas, está em condição descontínua, sendo a umidade interceptada por bolhas de ar. Estes dois estados de umidade são ilustrados na Figura 2.1.

Estado Funicular



Estado Pendular



Estados de umidade não ligada

Figura 2.1. Estados da umidade não ligada (STRUMILLO E KUDRA, 1986).

No estado funicular o líquido movimenta-se para a superfície externa do material por ação capilar. Com a remoção da umidade, a continuidade da fase líquida é gradualmente interrompida, devido à sucção de ar para dentro dos poros deixando porções de umidade isoladas (formam bolsas), estado pendular. O fluxo capilar é somente possível em uma escala localizada. Quando o material está próximo ao estado seco a umidade é mantida como uma monocamada de moléculas sobre a parede dos poros e é removida, principalmente, por fluxo de vapor.

Umidade ligada, higroscópica ou dissolvida: é o líquido que exerce uma pressão de vapor menor que a do líquido puro em uma dada temperatura. Pode estar em várias condições: na forma líquida retida em pequenos poros, em solução contida nas paredes celulares, adsorvida química ou fisicamente.

Umidade livre: é a diferença entre o conteúdo de umidade total do sólido e o conteúdo de umidade de equilíbrio (MACCABE *et al.*, 1993). Segundo MUJUMDAR e MENON (1995) a umidade livre é a umidade que pode ser removida, em determinada condição de processo, e pode conter umidade ligada e não ligada.

2.4.2. Cinética de secagem

De acordo com STRUMILLO e KUDRA (1986) a cinética de secagem está ligada à mudança do conteúdo de umidade médio e da temperatura média do material úmido com o tempo. A cinética de secagem permite calcular a quantidade de umidade evaporada, tempo de secagem, consumo de energia, entre outros.

Na secagem convectiva o calor sensível de um gás é fornecido por convecção a um material úmido. Ocorre simultaneamente o transporte de calor e massa, ou seja, transferência de calor para evaporar o líquido e transferência de massa na forma de líquido ou vapor dentro do sólido e na forma de vapor na superfície. Os estudos desses processos baseiam-se no mecanismo interno do escoamento do líquido ou na influência das condições externas, como: temperatura, umidade, velocidade do ar, etc. (PERRY e CHILTON, 1980).

Na Figura 2.2 mostra-se um esquema simplificado desse processo.

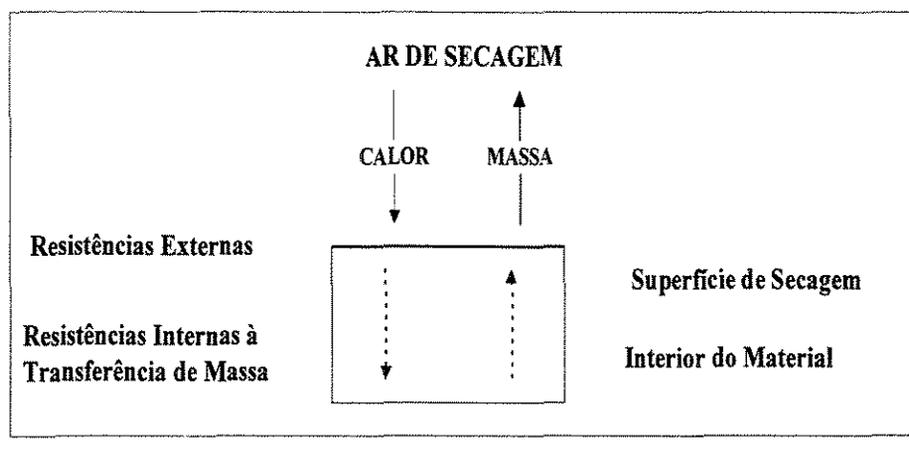


Figura 2.2. Esquema do processo de secagem de um material úmido (TOBINAGA e PINTO, 1992).

O processo de secagem é bem ilustrado através de diagramas construídos com as seguintes coordenadas (STRUMILLO e KUDRA, 1986): *curva de secagem*: conteúdo de umidade do material X tempo de secagem, *curva da taxa de secagem*: taxa de secagem X

conteúdo de umidade do material e *curva de temperatura*: Temperatura X conteúdo de umidade do material. Perfis típicos, sob condições constantes para a secagem convectiva são apresentados na Figura 2.3.

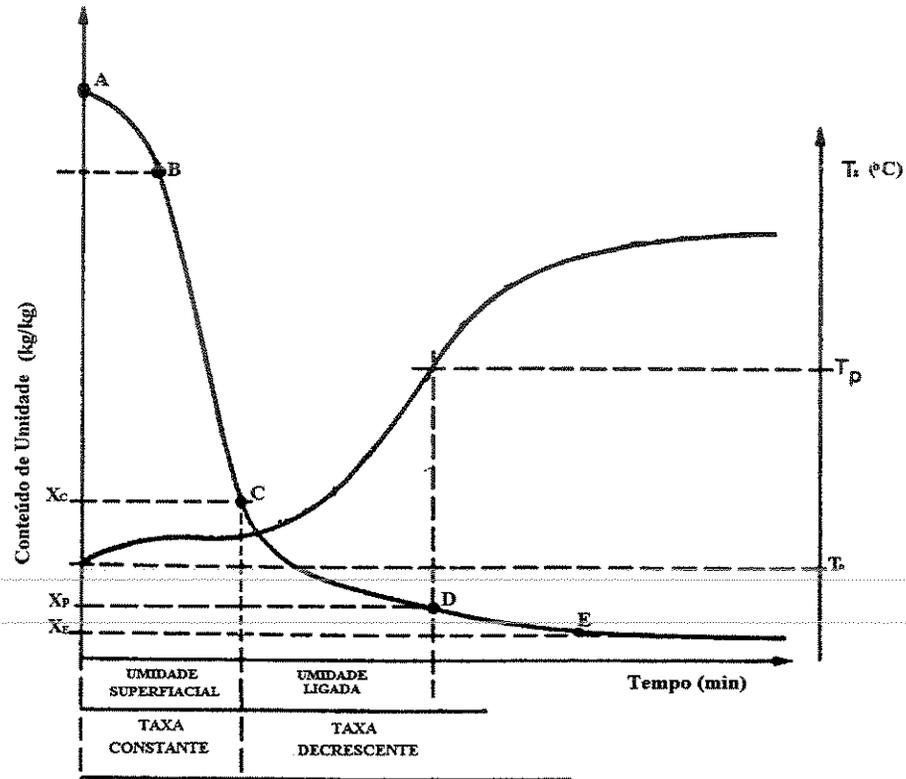


Figura 2.3. Curva típica de secagem (HOVMAND, 1991).

Na Figura 2.3, o trecho AB representa o período inicial da secagem, o trecho BC caracteriza o primeiro período da secagem, período de secagem a taxa constante, para o qual a taxa de secagem é igual à inclinação da reta e permanece constante. A diminuição linear do conteúdo de umidade com o tempo continua até atingir o ponto (C), chamado de ponto crítico. A partir do ponto C, inicia-se o segundo período de secagem, período de secagem a taxa decrescente que se aproxima assintoticamente do conteúdo de umidade de equilíbrio do material (X_{eq}) no final da secagem.

Segundo FOUST *et al.* (1982), na secagem de um material úmido, mediante um gás a uma temperatura e umidade relativa fixas, manifesta-se o seguinte comportamento: durante o período inicial da secagem (Trecho AB, Figura 2.3) a temperatura do material atinge o seu valor de regime permanente.

No período de secagem a taxa constante (Trecho BC, Figura 2.3) toda a superfície exposta do material está saturada de água. A secagem ocorre como se fosse a evaporação de uma massa de líquido sem haver influência direta do sólido na taxa de secagem. A temperatura da superfície atinge a temperatura de bulbo úmido do ar. O regime de secagem a taxa constante continua, com a massa de umidade subtraída da superfície sendo substituída pelo líquido que vem do interior do sólido. A velocidade deste movimento varia acentuadamente com a estrutura do sólido. Nos sólidos que apresentam espaços vazios e abertos, relativamente grandes, o movimento, possivelmente, é controlado pela tensão superficial e por forças da gravidade no interior do sólido. Nos sólidos com estrutura fibrosa, ou amorfa, o movimento do líquido ocorre por difusão através do sólido. A diminuição linear do conteúdo de umidade com o tempo continua até atingir o ponto crítico (C).

O período de secagem a taxa decrescente tem início no instante em que o material atinge o teor de umidade crítica (ponto C). O trecho CD (Figura 2.3) é denominado *primeiro período de secagem a taxa decrescente*, neste período o movimento do líquido do interior do sólido é insuficiente para manter a taxa de evaporação na superfície deste. A velocidade de secagem começa a decrescer e a temperatura do material eleva-se e tende assintoticamente à temperatura do ar. Nos teores de umidade mais baixos que o ponto D, toda a evaporação ocorre a partir do interior do sólido. À medida que o teor de umidade continua a diminuir, a distância a ser coberta na difusão do calor e da massa aumenta e quando o material atinge a umidade de equilíbrio (X_{eq}) cessa a secagem. O teor de umidade de equilíbrio é atingido quando a pressão de vapor sobre o sólido é igual à pressão parcial de vapor no gás de secagem, este período é denominado de *segundo período de secagem a taxa decrescente*.

O período de secagem a taxa decrescente pode ser bem mais longo que o período a taxa constante, embora a remoção de umidade seja muito menor (FOUST *et al.*, 1982). No período de secagem a taxa constante pode haver encolhimento do material. Quando ocorre um considerável encolhimento, como na secagem da madeira, gradientes de pressão que se estabelecem dentro do sólido podem assumir grande importância. Neste caso e no de material cementado (têmpera de metal ou vidro) forma-se uma camada dura impermeável que retarda a evaporação da umidade (MUJUMDAR E MENON, 1995).

De acordo com CHIRIFE (1981), no primeiro período de secagem a taxa decrescente os principais mecanismos de transporte são: difusão líquida, escoamento capilar e difusão de vapor, sendo que estes mecanismos podem ocorrer simultaneamente. No segundo período de secagem a taxa decrescente, onde a umidade de equilíbrio está abaixo da umidade de saturação, a difusão da fase vapor é o mecanismo predominante de transporte de umidade (KING, 1968).

2.4.3. Secagem em leito fixo

SCHURR (1984) caracterizou os equipamentos de secagem pela maneira como os sólidos eram dispostos no equipamento em: leito estático (fixo), leito móvel e leito diluído. Definiu o leito fixo como sendo um leito denso de partículas dispostas uma sobre as outras, no qual não há movimento relativo entre as partículas sólidas. Este tipo de leito é tipicamente encontrado em secador de bandejas, no qual os sólidos estão contidos em uma bandeja, através da qual passa o fluxo de gás de secagem.

De acordo com FARIA (1998), o leito fixo é um dos sistemas de contato sólido-fluido de concepção mais simples na área de meios porosos e um dos mais utilizados na indústria química, seja como reator de leito catalítico, como adsorvedor, trocador de calor e secador, principalmente de produtos agrícolas.

Os secadores de leito fixo são caracterizados por apresentarem baixo custo e ser de fácil operação. Além disso, eles possuem diversas vantagens por serem de configuração bastante simples resultando em um baixo custo de implantação. Apresentam alta eficiência e são muito versáteis, uma vez que podem ser utilizados para a secagem de uma grande variedade de materiais (GOUVEIA, 1999).

Este tipo de secador é freqüentemente constituído de uma câmara de secagem, cujo gás aquecido é insuflado por um ventilador (soprador). Nos secadores de leito fixo, com fluxo ascendente, a troca de umidade entre o sólido e o gás de secagem ocorre em uma região denominada zona de secagem, a qual se move da camada inferior para a superfície da massa de material dando origem a um gradiente de umidade. (BROOKER *et al.*, 1974, NUCCI e MURR, 1994).

Os fatores que determinam o gradiente de umidade nos secadores de leito fixo são o fluxo de ar, a espessura da camada de sólidos e a temperatura de secagem. O gradiente de umidade será mais elevado quanto menor for o fluxo e a temperatura do ar de secagem e quanto maior for a espessura da camada de sólidos. Esses fatores também influenciam o consumo de energia e o tempo de secagem da material (LACERDA FILHO, 1986 *apud* GOUVEIA, 1999).

Maiores detalhes, com relação ao uso de secagem em leito fixo, tanto em camada espessa como em camada delgada podem ser encontrados no trabalho de FARIA (1998), que realizou uma extensa pesquisa na literatura sobre o tema, apresentada na forma de resumo.

2.4.4. Encolhimento do volume durante a secagem

Inúmeras são as aplicações da secagem. Alguns processos que utilizam esta operação visam fatores econômicos, como transporte e manuseio, devido à redução de volume e massa. Em outros processos, os que envolvem produtos agrícolas e alimentos a secagem é empregada para a preservação, sem a necessidade de refrigeração (KEEY, 1972).

A secagem térmica, segundo GRUTER (1990), como uma proposta de remoção de umidade é um importante elo no gerenciamento de resíduos. Na secagem de lodos esta operação não só é empregada para a redução do volume, visando minimizar a quantidade para a disposição final, mas também para melhorar as condições higiênicas do resíduo. Alguns exemplos da aplicação da secagem na minimização de resíduos foram citados por LONG (1995).

As mudanças de volume durante um processo de secagem podem ser expressas por uma propriedade denominada encolhimento do volume (SJOHOLM e GEKAS, 1995). Conforme RAHMAN E POTLUTI (1990), a mudança de volume durante a secagem não é uma função fácil de ser predita, uma vez que, além do encolhimento devido à perda de umidade, poros preenchidos com ar são formados, o que dificulta a avaliação deste parâmetro.

O encolhimento do volume durante a secagem tem sido extensivamente estudado por diversos pesquisadores. Os materiais mais investigados foram frutas, vegetais, carne e frutos do mar, conforme GABA (2002), MORREIRA *et al.* (2000), RAHMAN e POTLUTI (1990), BALABAN E PIGOTT (1986), LOZANO *et al.* (1983), ROMAN *et al.* (1982) e SUZUKI *et al.* (1976). De acordo com PRADO *et al.* (2000), alimentos e materiais biológicos sofrem significativo encolhimento durante a secagem.

O encolhimento do volume é uma propriedade que representa um papel importante para a modelagem matemática de processos de secagem. Do ponto de vista matemático, o efeito do encolhimento causa mudanças nas condições de contorno para a resolução da 2ª Lei de Fick (MULET *et al.*, 2000, PARK, 1987). As mudanças de volume e área do material também modificam propriedades físicas importantes como a porosidade e a densidade (RATT, 1994).

Em pesquisa realizada por WANG e BRENNAN (1995), na qual investigaram as mudanças estruturais de batata por microscopia, verificaram que as propriedades físicas porosidade e densidade foram afetadas pelo encolhimento durante a secagem.

LOZANO *et al.* (1983) estudaram durante a secagem a deformação de cenoura, alho, pêra, batata e batata doce, cortados em cilindros. Eles observaram que esses produtos tiveram o volume reduzido em 70-90% do volume original, e que o volume podia ser correlacionado linearmente ao conteúdo de umidade adimensional (X/X_0) para valores acima de $X/X_0 = 0,15$; para valores menores a relação volume versus X/X_0 comportava-se exponencialmente.

PEREZ e CALVELO (1984) *apud* WANG e BRENNAN (1995), além do conteúdo de umidade correlacionaram o encolhimento do volume durante a secagem à densidade aparente do material por um balanço de massa, conforme a equação (2.1). Neste modelo o material foi considerado como sendo composto por três fases: água, sólido seco e ar. Este modelo foi empregado satisfatoriamente por RAHMAN e POTLURI (1990) e WANG e BRENNAN (1995), respectivamente na secagem de lula e batata. Outros modelos para a predição e cálculo de encolhimento do volume durante a secagem foram propostos por SUZUKI *et al.* (1976) e ZOGZAS *et al.* (1994).

$$\frac{V_{ap}}{V_{ap,0}} = \frac{\rho_{ap,0}(1+X_{bs})}{\rho_{ap}(1+X_{bs,0})} \quad (2.1)$$

Onde: V_{ap} , volume da amostra seca; $V_{ap,0}$, volume da amostra úmida; ρ_{ap} , densidade aparente da amostra seca (kg/L); $\rho_{ap,0}$, densidade aparente da amostra úmida (kg/L); X_{bs} , conteúdo de umidade da amostra seca (kg/kg); $X_{bs,0}$, conteúdo de umidade da amostra úmida (kg/kg).

Autores como MOREIRA *et al.* (2000), WANG e BRENNAN (1995), VAGENA e MARINOS-KOURIS (1991), BALABAN (1989), entre outros, em suas pesquisas sobre a secagem de diferentes materiais, consideraram o encolhimento do volume dos materiais estudados, proporcional ao volume de água removida durante o processo.

Conforme pode ser observado no levantamento da literatura, existem ainda poucas informações relativas a resultados de estudo da secagem aplicada aos resíduos. Contudo, de acordo com estudos de processos alternativos para o tratamento de resíduos, a secagem vem sendo apontada como tendo grande potencial de utilização na resolução de problemas ambientais, como citado por SJOHOLM e GEKAS (1995), LONG (1995).

3. DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

Este trabalho foi desenvolvido no Centro de Hematologia e Hemoterapia da UNICAMP/ Hemocentro, com a colaboração do Grupo Gestor de Resíduos Sólidos da Área de Saúde, no Instituto Adolfo Lutz e no Laboratório de Engenharia Ambiental – LEA, Departamento de Termofluidodinâmica da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP.

Os equipamentos, materiais e metodologias utilizados na realização deste trabalho, encontram-se descritos a seguir:

3.1. EQUIPAMENTOS e MATERIAIS

3.1.1. Equipamentos e materiais utilizados na realização de análises físico-químicas:

- **Balança analítica:** Marca OHAUS e Modelo: AS, capacidade 210 g, sensibilidade 0,0001 g. 220 V.
- **Balança semi-analítica:** Marca GEHAKA e Modelo: BG. 8000, capacidade 8.000 g, sensibilidade 0,1 g.
- **Balança de determinação de umidade:** Marca MARTE e Modelo: ID50, capacidade 50 g, precisão $\pm 0,01\%$ ou 0,001 g, 400 W, 220 V.
- **Balança:** Marca FILIZOLA, capacidade 100 kg, precisão ± 10 g.
- **Banho com agitação (Shaker bath):** Marca Lab-line constituída de controladores de temperatura e velocidade de agitação.
- **Estufa com circulação de ar forçado:** Marca TECNAL e Modelo: TE 394/1, com revestimento interno e bandejas (02) em aço-inox, mostrador digital de temperatura e temperatura máxima 200 °C, 1500 W, 220V.
- **Forno tipo mufla:** equipado com um controlador de temperatura programável em três rampas de temperatura e seleção de velocidade de aquecimento e tempo de aquecimento Marca FLYEVER e modelo: FE30. Temperatura máxima 1.200 °C.
- **Triturador:** Marca KIY e Modelo: MAC 150, constituído de 05 facas paralelas (02 facas fixas e 03 móveis) e motor de 3 CV.

- **Materiais Diversos:** produtos químicos para limpeza e desinfecção de equipamentos e superfícies (hipoclorito 1%, glutaraldeído 2% ativado 14 dias, álcool 70 %); erlenmeyers, béqueres, cadinhos porcelana de tamanhos variados, dessecadores; pinças entre outros. Produtos de limpeza de uso geral. Material de segurança: luvas de procedimentos, luvas de nitrila, luvas para alta temperatura; máscaras equipadas com filtro químico e mecânico, máscaras para névoas e poeiras, óculos, gorros, botas, avental de PVC, avental descartável, entre outros. Materiais diversos de uso hospitalar, utilizados na preparação de amostras testes, luvas para alta temperatura.

3.1.2. Materiais utilizados para a realização de análises microbiológicas:

- **Meios de cultura:** Plate Count Agar (marca DFICO), Potato Dextrose Agar (marca DFICO), Baird –Parker Agar Base (marca DFICO), Eosina Azul de Metileno (marca DFICO), Lethen Broth (marca DFICO), Telurito de potássio (marca NUCLEAR), Cetrimide Agar (marca DFICO), Plasma de coelho liofilizado (marca CECON), E.C. Broth with MUG (marca DFICO), Trypticase Soy Agar (marca MERCK), meio de cultura adicionado de bioindicador esporofar- controle (marca CEFAR)
- **Materiais Diversos:** Fitas contendo esporos de *B. subtilis* (marca CEFAR), placas de Petri, luvas de procedimentos, máscaras, pinça, sacos para autoclave, balões de vidro de fundo chato de 2.000mL, 125 mL e 25 mL, entre outros.

3.1.3. Equipamentos e materiais utilizados na montagem do sistema de secagem

Os equipamentos e acessórios serão melhores detalhados no item 3.3.3.

- Câmara de secagem e acessórios, soprador e acessórios, ciclone, condensador, aquecedor elétrico, resfriador de ar, medidor de vazão, painel de manômetros, leito de sílica, termopares e acessórios e indicador de temperatura.
- **Materiais Diversos:** tubo e conexões de ferro galvanizado, conexões de PVC, chapas de ferro galvanizado, cantoneiras de ferro galvanizado, chapa de alumínio, barras de metalom, placa de acrílico, materiais elétricos diversos, entre outros.

3.2. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

O desenvolvimento experimental deste trabalho foi realizado, mediante quatro principais etapas:

Etapa 1: mapeamento do estabelecimento de saúde (denominado de sistema);

Etapa 2: desenvolvimento da metodologia de verificação de manejo de RSSI;

Etapa 3: caracterização de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI); e

Etapa 4: aplicação da secagem.

Etapa 1 - mapeamento do estabelecimento de saúde (denominado de sistema):

esta etapa teve como objetivo principal o conhecimento da sistemática de geração dos RSS do estabelecimento, utilizada como suporte para as etapas posteriores do trabalho a serem executadas. As informações investigadas foram: número de setores de geração; quantidades e tipos de resíduos gerados; tipos de contêineres utilizados; horários e frequência de coleta; transporte interno; armazenagem temporária e quantidade de RSSI gerada por setor de geração. Esta foi constituída dos seguintes itens: *identificação do estabelecimento de saúde, identificação dos setores de geração de RSSI e classificação do tipo de resíduo segundo o CONAMA (1993/2001) e quantificação dos tipos de RSS gerados no estabelecimento de saúde.*

Etapa 2 - desenvolvimento da metodologia de verificação de manejo interno de RSSI: esta etapa teve como objetivo implementar uma metodologia de verificação de manejo interno de RSSI, empregando-se uma ferramenta da área de análise de risco a técnica de Análise Preliminar de Riscos (APR). Realizou-se a análise empregando-se algumas das etapas que compõem a APR, em conformidade com o tipo de sistema sob estudo (ambiente interno do estabelecimento de saúde), bem como os tipos de procedimentos executados durante o manejo RSSI. Esta técnica de análise é intensamente aplicada nos programas de segurança nas indústrias, para gerenciamento de riscos em ambiente de trabalho, sendo esta a primeira vez que esta técnica foi aplicada às atividades do serviço de saúde. A escolha desta técnica deveu-se a sua estrutura simplificada, rapidez e aos bons resultados de sua aplicação.

Etapa 3 - caracterização de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI): esta etapa teve como objetivo obter características gerais dos RSSI do Hemocentro, por se

tratar de um estabelecimento de saúde pouco estudado (na área de RSS), além disso, o estabelecimento concentra atividades relacionadas à geração de um dos tipos de RSS mais perigosos, os resíduos provenientes da manipulação de sangue e hemoderivados. A caracterização do RSSI também foi importante para subsidiar a etapa 4 deste trabalho. Foi dividida em 2 fases: caracterização física de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI), constituída dos seguintes itens: *determinação da composição gravimétrica do RSSI, determinação de densidade aparente, determinação do conteúdo de umidade, determinação de sólidos voláteis e fixos (cinzas)* e caracterização microbiológica de RSSI a partir de quatro setores do estabelecimento.

Etapa 4: aplicação da secagem: esta teve como objetivo principal avaliar o potencial de um processo de secagem como uma metodologia de redução de volume e redução da carga microbiológica de amostras de RSS (preparadas em laboratório). Foi dividida em 3 etapas: *estudo da cinética de secagem do RSS “tipo”, estudo da secagem como método de redução de volume e inativação microbiológica (redução de carga microbiológica de microorganismo padrão) e estudo da cinética de inativação térmica de microorganismo padrão.*

Os procedimentos utilizados na obtenção dos resultados são descritos a seguir:

3.2.1. Mapeamento do Estabelecimento de Saúde

3.2.1. 1. Identificação do Estabelecimento de Saúde

Inicialmente foram percorridas todas as dependências do estabelecimento, sob a orientação de uma das coordenadoras do Grupo Gestor de Resíduos Sólidos que, de maneira geral, situou todas as atividades desenvolvidas no Estabelecimento. Durante esta visita foram realizados contatos com os facilitadores de cada unidade do estabelecimento (funcionários dos setores, supervisores dos serviços de coleta e limpeza, entre outros).

As informações sobre o estabelecimento foram fornecidas pelas Coordenadoras do Grupo Gestor de Resíduos Sólidos, facilitadores e observações diárias da rotina de coleta dos RSS durante um período de quatro semanas. Neste período de observação as visitas ao estabelecimento foram realizadas em todos os horários de coleta dos RSS: manhã, tarde e noite.

Todos os formulários propostos para a realização desta etapa do trabalho foram aplicados “*in locu*” e mostraram-se funcionais na coleta de dados.

3.2.1.2. *Identificação dos setores de geração de RSSI e classificação do tipo de resíduo segundo o CONAMA (1993/2001)*

A identificação dos setores de geração (fontes de geração) consistiu de visita a cada um dos setores do estabelecimento (administrativo ou não) acompanhada pelas supervisoras da prestadora de serviços de limpeza (dois turnos de trabalho). Essas facilitadoras indicavam os pontos de localização dos tipos de contêineres, no qual eram segregados os RSS e assim com o auxílio do formulário (Apêndice 1) era realizada a classificação dos mesmos.

Após o levantamento dos dados sobre os setores geradores de RSSI, as planilhas de resultados foram apresentadas para a coordenadora do Grupo Gestor, que realizou uma verificação das áreas relacionadas e se às mesmas estavam atribuídos os tipos corretos de RSS.

Este período da investigação foi de grande importância, pois representou a base do conhecimento da sistemática de gerenciamento dos RSS do Estabelecimento e possibilitou um melhor planejamento das demais etapas.

3.2.1.3. *Quantificação dos tipos de RSS gerados no estabelecimento de saúde*

A quantificação dos RSSI foi realizada mediante a seguinte metodologia:

- Identificação dos contêineres de resíduos (sacos plásticos, caixas, frascos, entre outros) a partir do setor de geração no momento da coleta;
- Transporte para a área destinada à pesagem, tomada de dados.
- A tomada de dados foi realizada em balança GEHAGA com capacidade de 8 kg. Para massas superiores a 8 kg utilizou-se uma balança FILIZOLA com capacidade de 100 kg;

- A quantificação foi realizada durante 07 dias consecutivos (período de 15 a 21 de outubro de 2001) de acordo com a Resolução Conjunta SS/SMA/SJDC-1, 29/06/1998 (SÃO PAULO, 1998);
- Foi utilizada uma planilha (Apêndice 2) para facilitar a organização das informações;
- O cálculo da quantificação mensal dos resíduos a partir da pesagem diária durante 07 (sete) dias consecutivos foi obtido tirando-se a média diária e multiplicando por 30 (trinta) dias, conforme a Resolução Conjunta SS/SMA/SJDC-1, de 29/06/1998 (SÃO PAULO, 1998).

Nesta fase do trabalho o estabelecimento de saúde sob estudo, ainda não tinha um abrigo de resíduos. Os RSSI coletados nos setores eram levados para a armazenagem temporária, realizada em contêineres metálicos tampados (dispostos próximos à rua), os quais eram coletados pelo serviço de coleta externa duas vezes por dia (manhã e tarde). Durante um turno de coleta os carrinhos utilizados na coleta interna eram descarregados várias vezes nos contêineres externos, a partir do quais tornava-se difícil o acesso e a manipulação dos RSSI. Assim, os RSSI coletados em qualquer um dos turnos de coleta tinham que ser imediatamente quantificados. Para tal, era necessário estar presente em todos os horários de coleta para garantir a origem dos resíduos. Ressalta-se que a colaboração dos funcionários da prestadora de serviços de limpeza, encarregados da coleta do RSS foi muito importante, pois durante as coletas eles tomavam o cuidado de separar os resíduos, inclusive por tipo de contêiner (saco branco, caixas de perfurantes e cortantes, entre outros).

3.2.2. Identificação e avaliação qualitativa de riscos e seus efeitos

Um manejo adequado de RSSI segue um fluxo operacional que tem início com a segregação, acondicionamento, coleta interna e armazenagem temporária. O número de operações, bem como suas terminologias podem variar de um autor para outro.

Segundo D'ALMEIDA E VILHENA (2000), manejo é o conjunto de operações que precedem o tratamento do RSS no próprio estabelecimento gerador ou o seu transporte para tratamento e/ou disposição final, no caso dessas atividades serem realizadas por uma empresa privada ou pela prefeitura. A aplicação da técnica APR, neste estudo, se restringiu às práticas de manejo interno de RSSI, tais como: segregação, acondicionamento, coleta

interna e armazenagem temporária. No Quadro 3.1 são mostradas as etapas da técnica APR utilizadas nesta análise.

Quadro 3.1. Etapas da técnica de Análise Preliminar de Riscos (APR).

Etapas da APR	Objetivo	Meio (instrumento)
1. Revisão de problemas conhecidos.	<i>-Revisar os problemas conhecidos em sistemas similares para a determinação de riscos que poderão estar presentes no sistema (estabelecimento gerador) que está sendo estudado.</i>	<i>-Pesquisa na literatura.</i>
2. Revisão da missão.	<i>-Revisar os objetivos de um manejo adequado de RSSI; -Revisar as exigências de desempenho do estabelecimento gerador; -Revisar as principais operações do manejo e seus procedimentos.</i>	<i>-Legislação, pesquisa na literatura. - Legislação. - Legislação, planilha de dados.</i>
3. Determinação de riscos principais, iniciais e contribuintes (séries de riscos).	<i>-Elaborar a série ou séries de riscos determinando-se os riscos iniciais, contribuintes e principais.</i>	<i>-Análise de resultados e elaboração de fluxograma.</i>
4. Revisão de meios de eliminação ou controle.	<i>- Revisar os meios possíveis de eliminação e controle das falhas identificadas, compatíveis com as exigências de desempenho do estabelecimento gerador.</i>	<i>-Análise de resultados.</i>

Fonte: De CICCIO e FANTAZZINI (1980).

Trinta e cinco procedimentos foram analisados. Estes foram distribuídos como segue: segregação (3), acondicionamento (11), coleta interna (12) e armazenagem temporária (9). Todos os procedimentos analisados constam na legislação nacional (CONAMA, 2001), normas técnicas (ABNT 1993a, 1993b, 1993c) e guias técnicos (CETESB, 1997; WHO, 1999). Os aspectos da análise incluíram:

- A exposição direta aos RSSI não tratados em situações, nas quais podem ocorrer a entrada de microorganismos patogênicos no organismo humano foi considerada como sendo o risco principal para os seres humanos;
- Os principais grupos de pessoas que podem ser expostas aos RSSI dentro do estabelecimento de saúde e que podem ser contaminados são (WHO, 1999): trabalhadores da área de saúde (médicos, enfermeiros, auxiliares de enfermagem) analistas de laboratórios, pesquisadores, trabalhadores dos serviços limpeza, manuseadores de resíduos (trabalhadores que realizam a coleta dos resíduos), pacientes e visitantes;
- De acordo com a WHO (1999) poucos dados são disponíveis sobre os impactos à saúde atribuídos à exposição aos RSSI, pois os casos suspeitos de efeito adverso à saúde não são adequadamente documentados com descrição precisa da exposição. Assim, esta análise foi realizada admitindo que qualquer fonte geradora de RSSI produz um resíduo que apresenta potencial para causar doença a um hospedeiro suscetível;
- A severidade da consequência foi avaliada qualitativamente usando-se as seguintes categorias (De CICCIO e FANTAZZINI, 1980): negligenciável (I), marginal (II), crítica (III) e catastrófica (IV). Esta avaliação fornece uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada cenário de acidente identificado. Em APR um cenário de acidente é definido como um conjunto formado pelo perigo identificado, suas causas e cada um dos seus efeitos (LEAL, 2001);
- A probabilidade de ocorrência foi avaliada empregando-se o guia apresentado pela FEMA (1993): comum ou freqüente (C) - esperado ocorrer uma ou mais vezes a cada ano; Provável (P) – esperado ocorrer pelo menos uma vez a cada 10 anos; Ocasional (O) – predito para ocorrer uma vez entre 10 e 100 anos; Improvável (I) – predito para ocorrer uma vez entre 100 e 1.000 anos e Muito Improvável (MI) – conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer.

Uma planilha foi utilizada para organizar as informações como: operações de manejo de RSS, procedimentos, possíveis falhas, consequência da severidade, probabilidade de ocorrência e ações corretivas, conforme LEAL (2001).

A série de risco foi elaborada com o objetivo de mostrar os eventos que podem causar riscos críticos ao grupo de risco estudado, no caso exposição direta de seres humanos aos resíduos contaminados.

3.2.3. Caracterização física de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI)

3.2.3.1. Determinação da composição gravimétrica de RSSI

A amostragem foi realizada no período de Agosto/2001 a Fevereiro/2002. A tomada de dados foi realizada para 5 (cinco) dias consecutivos de amostragem (cinco repetições), de pelo menos uma das coletas diárias.

A metodologia utilizada, conforme ANDRADE e SCHALCH (1997) consistiu: na identificação dos contêineres, a partir do setor de geração após a coleta; transporte para o local de análise; pesagem dos contêineres de resíduos (a tomada de dados foi realizada em balança GEHAGA com capacidade de 8 kg, para massas superiores a 8 kg utilizou-se uma balança FILIZOLA com capacidade de 100 kg); abertura dos contêineres e colocação de todos os resíduos dentro de uma caixa plástica de 40 L de capacidade impermeabilizada com um saco leitoso de 60 L; em seguida os RSSI foram separados completamente e cada tipo de material foi colocado em um recipiente, previamente pesado e identificado, segundo sua categoria; posteriormente todos os recipientes foram pesados novamente (balança GEHAGA com capacidade de 8 kg).

As categorias de materiais estudadas foram: papel/papelão; plásticos (moles/duros); têxteis; látex; vidro; metais; líquidos; outros itens (quaisquer materiais que não puderam ser classificados nas categorias anteriores). A definição, dessas categorias teve como base trabalhos já realizados que apontam para a relevância desses itens (WHO, 1999, CETESB, 1997 e LIBERT *at al*, 1994).

3.2.3.2. Determinação da densidade aparente do RSSI

A amostragem foi realizada no período de Março a Abril/2002. A tomada de dados foi realizada para três dias consecutivos de amostragem (03 repetições) de pelo menos uma das coletas diárias.

O método utilizado, conforme o CEPIS (1997a), consistiu em determinar a massa e estimar o volume dos RSSI. A massa dos RSSI foi determinada empregando-se balança GEHAGA, 8 kg (precisão 0,1g) e para massas superiores balança FILIZOLA, 100 kg (precisão 10g). O volume dos RSSI foi estimado utilizando-se recipientes com volumes graduados (2, 10 e 20 litros), nos quais os resíduos eram colocados sem pressão, porém de modo a haver uma perfeita acomodação dos mesmos. Resíduos acondicionados em recipientes com volume superior aos dos recipientes graduados utilizados nesta determinação tiveram seu volume estimado pelo volume do recipiente (caixas rígidas de 60 L e frascos). Com o auxílio da equação 1 foi realizado o cálculo da densidade aparente dos resíduos.

$$\rho_{ap} = M/V \quad (3.1)$$

Onde: ρ_{ap} , densidade aparente dos resíduos; M , massa dos resíduos e V , volume dos resíduos.

3.2.3.3. Preparação das amostras para as determinações físicas (conteúdo de umidade, teor de sólidos voláteis e teor de cinzas)

A amostragem foi realizada no período de Abril a Maio/2002. A tomada de dados foi realizada para três dias consecutivos de amostragem (3 repetições) de pelo menos uma das coletas diárias. A preparação das amostras foi executada mediante os seguintes procedimentos:

- Identificação dos contêineres de resíduos RSSI a partir do setor de geração, no momento da coleta;
- Transporte dos contêineres para a área de preparação de amostra (abrigo de resíduos);
- Abertura dos contêineres e homogeneização da massa de resíduos (sobre um saco plástico, branco leitoso, estendido no chão e realizada no compartimento destinado à armazenagem de RSSI) seguida de quarteamento;
- No quarteamento reduzia-se a massa de resíduos a uma amostra representativa de cerca de 1 kg ou superior dependendo das características do resíduo (muito úmido,

volumoso, entre outras). Algumas massas de resíduos não necessitaram de quarteamento, pois estavam em quantidade suficiente para serem trituradas;

- A amostra obtida no quarteamento era triturada em um triturador de facas paralelas marca KEY, equipado com uma peneira de 5 mm de abertura da malha.
- A massa de resíduos triturada apresentou tamanhos de partículas entre 1 – 4 mm (classificados por peneiramento). A massa de resíduos triturada era coletada diretamente em sacos plásticos de 20 L.
- Após trituração a massa de resíduo era homogeneizada (dentro do próprio saco de coleta), acondicionada em potes plásticos (8 L) e transportada para o laboratório aonde era armazenada sob refrigeração até a sua análise;
- Após a preparação das amostras o triturador era desmontado e higienizado empregando-se desinfetantes químicos;
- Todas as amostras foram analisadas dentro de um período de 12 horas;
- As amostras antes de serem analisadas eram homogeneizadas e uma alíquota era acondicionada em potes de vidro de 500 g, a partir da qual eram executados os procedimentos de análise.

3.2.3.4. Determinação do conteúdo de umidade de RSSI

Foi empregado o método gravimétrico direto utilizando-se balança de determinação de umidade, precisão 0,001 g e 0,01% de umidade. Uma alíquota do resíduo triturado, maior que 3 g (limite inferior da balança) era pesada diretamente no prato da balança, de modo que a massa formasse uma camada bem distribuída na área do prato. Esta alíquota de resíduo era submetida a aquecimento à temperatura de 105 °C até peso constante (KEEY, 1972). Foram realizadas três repetições para cada amostra analisada. Esta metodologia foi comparada com o método padrão de determinação de conteúdo de umidade empregando-se estufa (105 °C/24 h), conforme o Apêndice 6.

3.2.3.5. Determinação de sólidos voláteis e fixos (cinzas) de RSSI

Uma alíquota do resíduo triturado, cerca de 3 g, era pesada dentro de um cadinho de porcelana com capacidade de 70 mL (previamente tarado) empregando-se balança

analítica com precisão de 0,001 mg. As amostras eram colocadas dentro de um forno tipo mufla. No primeiro estágio da análise a amostra passava por uma secagem durante 04 horas à 105 °C (o tempo de secagem no forno foi determinado através de testes preliminares em relação ao método padrão da estufa). Após a secagem as amostras eram submetidas à ignição à temperatura de 650 °C até cinzas (CEPIS, 1997a). As determinações foram realizadas em duplicata.

3.2.4. Caracterização microbiológica de resíduos de serviços de saúde infectantes (RSSI)

3.2.4.1. Seleção dos setores de geração de RSSI a serem investigados

A partir dos setores de geração de RSSI, identificados no estabelecimento de saúde (Hemocentro), quatro (4) setores considerados críticos (BRASIL, 1995) foram selecionados para este estudo. A caracterização microbiológica de todos os setores, identificados no estabelecimento de saúde, seria muito onerosa e demorada, em vista da proposta deste trabalho. Os setores selecionados praticam procedimentos invasivos, além disso, atendem um número significativo de pessoas diariamente, que apresentam grau de resistência imunológica muito diferenciado como, doadores sãos (Coleta Interna de Doadores de Sangue) e pessoas com elevada depressão imunológica, como pacientes com neoplasias (Ambulatório de Quimioterapia Antineoplásica).

Na Tabela 3.1 mostra-se a denominação e a frequência de coleta dos RSSI dos setores selecionados para este estudo.

Tabela 3.1. Denominação e frequência de coleta dos RSSI dos setores selecionados.

Setores de geração	Frequência de coleta
Coleta (Interna/Externa) de Doadores de Sangue (Pto2)	2. x/dia
Consultório de Procedimentos Especializados (Pto3)	2. x/dia
Ambulatório de Quimioterapia Antineoplásica (Pto13)	2. x/dia
Ambulatório de Transfusão_ adulto/infantil (Pto18)	2. x/dia

3.2.4.2. Seleção de microorganismos indicadores de contaminação

Na literatura sobre o tema RSS, a escolha de microorganismos indicadores de contaminação ainda é muito complexa em virtude de fatores diversos. Os microorganismos estudados neste trabalho foram selecionados com os seguintes objetivos: verificar o potencial de contaminação dos resíduos (carga microbiológica, com relação aos microorganismos estudados), pois algumas espécies são agentes causadores de infecções hospitalares e estabelecer comparações entre os resultados obtidos neste trabalho e resultados de investigações microbiológicas anteriores a partir de RSS infectantes, as quais fizeram identificação positiva das mesmas espécies de microorganismos. Os microorganismos estudados foram:

Escherichia coli – é o principal representante do grupo coliformes fecais. São excretados por animais de sangue quente e estão largamente distribuídos no meio ambiente, onde quer que a vida animal esteja presente. Sendo uma bactéria indicadora de contaminação fecal, a sua presença em uma determinada amostra sugere também a possível presença de outros microorganismos entéricos patogênicos presentes nas fezes, como *Salmonella* sp, *Shigella* sp, vírus da poliomielite, etc. Esta bactéria é responsável por um grande número de infecções hospitalares (FEACHEM *at al*, 1983).

Staphylococcus aureus – são microorganismos não esporulados muito resistentes, pois sobrevivem à temperatura de 60 °C por trinta minutos e ao contato com fenol a 1% durante 15 minutos. Estes microorganismos como saprófito é cosmopolita podendo ser encontrado em várias partes do corpo, como fossas nasais, garganta, intestinos e pele, bem como no suco gástrico, sangue, urina, leite, água, entre outros (PELCZAR *at al*, 1981).

Pseudomonas aeruginosas – ocorre normalmente, em baixas concentrações de 50 microorganismos/grama de fezes de uma pequena porcentagem (3 – 15%) de pessoas saudáveis. Pode ainda ser isolada a partir da pele e garganta de 3 – 5% de indivíduos normais. Ocorre amplamente na natureza como organismos de vida livre, podendo ser encontrado no solo, águas e vegetais. É um patógeno tipicamente oportunista que causa infecções em feridas (principalmente queimaduras), as quais podem resultar em bacteremias severas (FEACHEM *at al*, 1983).

Além dos microorganismos selecionados como indicadores foram determinados ainda: contagem de bactérias heterotróficas e contagem total de fungos.

3.2.4.3. *Preparação das amostras*

A amostragem dos resíduos dos setores estudados foi realizada durante 5 semanas consecutivas, uma coleta por semana de cada setor. Os RSSI investigados eram constituídos de todos os tipos de resíduos infectantes descartados nos setores investigados, inclusive os resíduos perfurantes cortantes. Para cada setor adotou-se o seguinte procedimento:

Coletava-se todo o RSSI gerado durante o dia. Os contêineres de RSSI, retirados dos locais de geração, eram devidamente identificados e armazenados no abrigo de resíduos do estabelecimento de saúde. Posteriormente, os contêineres eram abertos e os resíduos misturados sobre um plástico, previamente desinfetado com álcool etílico 70%. Após homogeneização da massa de resíduos retirava-se uma alíquota mediante quarteamento (cerca de 1,5 kg). A alíquota de RSSI era triturada em um triturador de facas, marca KEY, previamente sanitizado. O RSSI triturado era coletado diretamente em sacos plásticos de 20 L (utilizados em autoclave) que eram imediatamente fechados. A amostra era novamente homogeneizada dentro do saco plástico e acondicionada em potes plásticos (8 L). Os potes contendo as amostras eram transportados para o laboratório onde eram armazenados sob refrigeração. As amostras foram analisadas dentro de um período de 12 horas.

Procedimentos baseados nas recomendações para a limpeza e desinfecção química de materiais e superfícies na área hospitalar, conforme procedimentos (UNICAMP, 1988) foram utilizadas para evitar contaminação adicional das amostras. O local de preparação das amostras era previamente limpo e desinfetado, utilizando-se solução de hipoclorito de sódio 1% e álcool etílico 70%. As peças móveis do triturador (câmara, facas, peneiras, entre outras) e utensílios (tesoura, pinças, estiletes, entre outros) eram limpos (água, detergente e ação mecânica manual) e imersos em solução de glutaraldeído 2% (14 dias), durante 10 horas antes do início da preparação e entre as preparações das amostras durante 30 minutos. As partes fixas do triturador eram limpas e desinfetadas utilizando-se solução de hipoclorito de sódio 1% (30 minutos). Após a lavagem com água corrente do equipamento

e utensílios, era realizada uma secagem passando-se álcool etílico 70% sobre os mesmos. Todo o procedimento de limpeza e desinfecção era executado após a preparação da amostra de cada setor de geração.

3.2.4.4. Metodologia de identificação e quantificação de microorganismos

As análises microbiológicas dos RSSI foram realizadas nas dependências do Instituto Adolfo Lutz, mediante um convênio de cooperação (para o desenvolvimento de metodologias na área de RSS) firmado entre os pesquisadores que atuam nesta pesquisa e o grupo de pesquisa que atua na área de microbiologia do referido Instituto. Este grupo de pesquisadoras presta assessoria aos responsáveis pelo tratamento de RSSI por microondas de uma unidade instalada na região da cidade de Campinas, SP.

Inicialmente, uma alíquota de 100g do resíduo triturado era transferida para um balão de fundo chato (2.000 mL) contendo 900mL de caldo *Letheen* (MATTOZO, 1996). O balão foi agitado manualmente durante 10 minutos. A partir dessa solução (diluição 10^{-1}) foram realizadas as séries de diluições e subseqüente inoculações em meios seletivos para a pesquisa dos microorganismos pretendidos. Foram utilizados nesta investigação, métodos rotineiramente utilizados em análises microbiológicas para o isolamento e a identificação dos microorganismos sob estudo.

Em virtude, de não haverem metodologias de pesquisas microbiológicas de RSS padronizadas, uma metodologia de pesquisa microbiológica foi implementada, neste trabalho, visando garantir uma investigação mais completa dos microorganismos indicadores propostos (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*). Desta forma, a metodologia utilizada constou de duas etapas: 1^a etapa - *semeadura direta a partir do C. Letheen sem incubação* e 2^a etapa - *semeadura a partir do C. Letheen após incubação*.

1^a etapa - semeadura direta a partir do C. Letheen.

Bolores e leveduras - a pesquisa destes microorganismos foi realizada em meio de cultura Agar dextrose batata (DIFCO), acidificado com solução aquosa de ácido tartárico até pH 4,0, diluição até a ordem de 10^{-3} e incubado à 25°C/5dias;

Bactérias heterotróficas: semeadura em profundidade (diluição até a ordem de 10^{-6}) em meio de cultura Plate Count Agar (DIFCO) e incubação à $35^{\circ}\text{C}/48\text{h}$;

***Staphylococcus aureus*:** meio de cultura: *Baird-Parker* Agar Base (DIFCO) com emulsão de gema de ovo, diluição até a ordem de 10^{-2} e incubação à $35^{\circ}\text{C}/48\text{h}$. As colônias suspeitas foram confirmadas através da prova da plasma-coagulase;

***Pseudomonas aeruginosa*:** meio de cultura: Cetrimide Agar Base (DIFCO), diluição até a ordem de 10^{-2} e incubação à $35^{\circ}\text{C}/48\text{h}$. As colônias suspeitas foram isoladas em meio de identificação presuntiva IAL;

***Escherichia coli*:** foi realizada em meio E.C. Broth com MUG (DIFCO), diluição até a ordem de 10^{-2} e incubadas à $45^{\circ}\text{C}/24\text{h}$ (em banho-maria). As amostras positivas (produção de gás e fluorescência) foram semeadas em meio de cultura Eosina azul de metileno (DIFCO) e incubadas à $35^{\circ}\text{C}/24\text{h}$. Colônias suspeitas foram isoladas em meio de identificação presuntiva IAL.

2ª etapa - semeadura após incubação

Todos os tubos com caldo *Letheen*, a partir das diluições seriadas restantes utilizadas para as semeaduras nos meios seletivos (1ª fase) foram incubados à $35^{\circ}\text{C}/48\text{h}$. Os tubos que apresentaram turvação foram semeados novamente nos meios seletivos para o isolamento de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*. As placas foram incubadas à $35^{\circ}\text{C}/48\text{h}$. Àquelas que apresentaram colônias suspeitas foram identificadas como já descrito anteriormente (1ª fase).

3.2.5. Estudo da cinética de secagem de RSS “tipo”

Os objetivos desta etapa do trabalho foram: determinar as curvas de secagem do RSS “tipo”, com a finalidade de verificar a influência da temperatura, vazão do ar de secagem e teor de umidade inicial da amostra na taxa de secagem e; verificar a resistência térmica do material, pela observação do desprendimento de odores e/ou fumaça.

3.2.5.1. Sistema de secagem

A montagem do sistema de secagem convectivo, devidamente instrumentado foi realizada no Laboratório de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas. A Figura 3.1 mostra o desenho esquemático desse sistema.

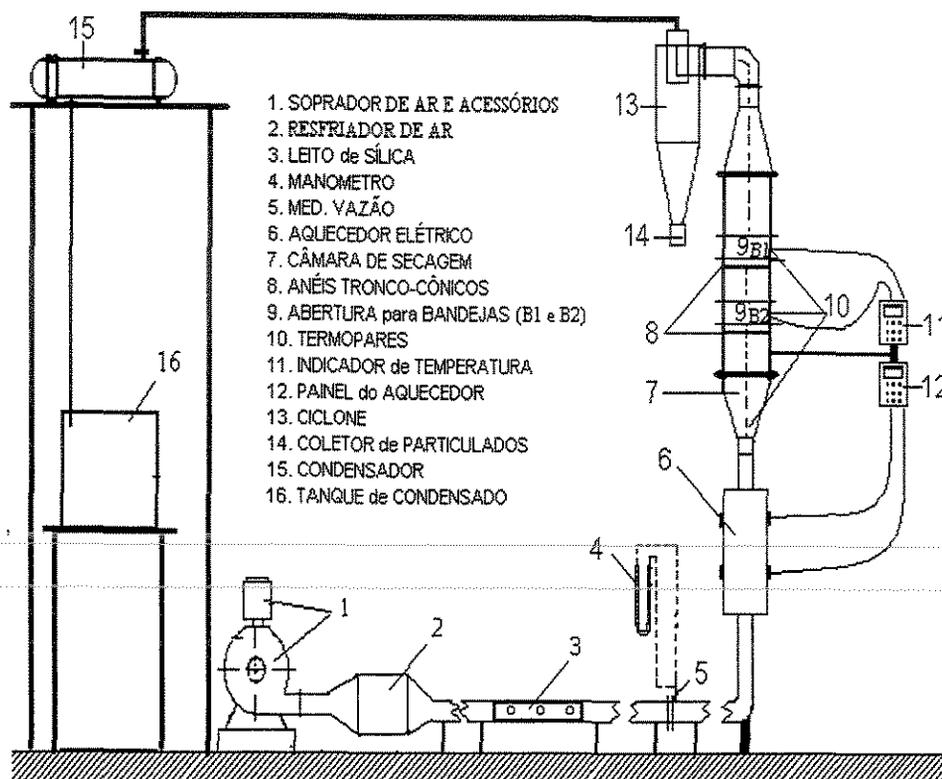


Figura 3.1: Desenho esquemático do sistema de secagem.

O sistema apresentou as seguintes características:

Câmara de secagem (7), (8) e (9): a câmara de secagem consistiu de uma secção cilíndrica construída em aço-inox, conforme as dimensões características mostradas na Tabela 3.2. Esta secção possuía duas aberturas laterais com portas (9), onde eram colocadas bandejas perfuradas (aço-inox) construídas com malha de 2 mm. Os suportes das bandejas eram segmentos tronco-cônicos (8) soldados horizontalmente abaixo das aberturas, que dirigiam o fluxo de ar quente para o fundo das bandejas. A câmara de secagem utilizada neste trabalho foi baseada na configuração de um equipamento desenvolvido no DTF/FEQ/UNICAMP por PEÑA (1999);

Tabela 3.2: Dimensões características da câmara de secagem.

Características	Dimensões
<i>Câmara:</i>	
- Diâmetro interno	16 cm
- Altura	70 cm
<i>Bandejas:</i>	
- Número	02
- Dimensões	15 x 4 cm
<i>Cones internos:</i>	
- Número	02
- Diâmetro	14 cm

Ciclone (13) e (14): foi construído em aço-inox, 10 cm de diâmetro interno e eficiência global de coleta de 95%, para diâmetro de corte igual a 0,064 mm. O material particulado era retido em filtro coletor do tipo saco (14);

Condensador (15) e (16): tipo tubular era constituído de 19 tubos internos de 1/2 polegada, tubos e carcaça em aço-inox. O gás de secagem circula na carcaça e o fluido de resfriamento (água) circula nos tubos. O condensado era coletado em um tanque (16) com a capacidade de armazenamento de 100 L;

Soprador e acessórios (1): era provido de um motor de 2 cv e acessório, tais como: filtro de ar e supressor de ruídos;

Leito de Sílica (3): o leito era constituído de um tubo de PVC de 02 polegadas de diâmetro interno e 65 cm de comprimento, preenchido com sílica gel azul de 8 – 12 mm de diâmetro. Possuía ainda, três visores de acrílico que permitiam a observação da saturação da sílica;

Medidor de vazão (4) e (5): placa de orifício de aço-inox de 3 mm de espessura, 10 cm de diâmetro e orifício de 20 mm de diâmetro. A queda de pressão medida pela placa de orifício era lida em um conjunto de 03 manômetros (em U) de vidro (4) de 1 metro de comprimento cada, nos quais água foi utilizada como fluido manométrico.

Aquecedor elétrico (6) e (12): era constituído de um conjunto de 04 resistências ôhmicas, sendo 03 resistências de 400 W e 01 resistência controladora de 1.800 W. As resistências ôhmicas foram instaladas dentro de uma caixa metálica de 7,5 x 14,0 x 30,0 cm

isolada termicamente interna e externamente. O funcionamento do aquecedor era controlado mediante comandos instalados em um painel de controle (12);

Resfriador de ar (2): era constituído de condensador de resfriamento de ar cobre-alumínio, aletado e resfriado por água. O condensador foi instalado dentro de uma caixa na forma de uma pirâmide de ferro galvanizado, com saída e entrada de água em cobre;

Medida e registro de temperatura (10) e (11): o sistema de secagem possuía 05 termopares do tipo “J”, devidamente calibrados (Apêndice 4). 03 termopares de 02 mm de diâmetro externo foram instalados, respectivamente na entrada da câmara de secagem e acima de cada bandeja. Os outros 02 termopares de 1,5 mm de diâmetro externo foram instalados no centro de cada bandeja, para medir a temperatura da massa de resíduos. Os registros das temperaturas foram obtidos empregando-se um indicador de temperatura marca AUTONICS, modelo T4WM, constituído de 05 canais e mostrador digital de temperatura.

As Figuras 3.2, 3.3, e 3.4, mostram o detalhamento do sistema de secagem.

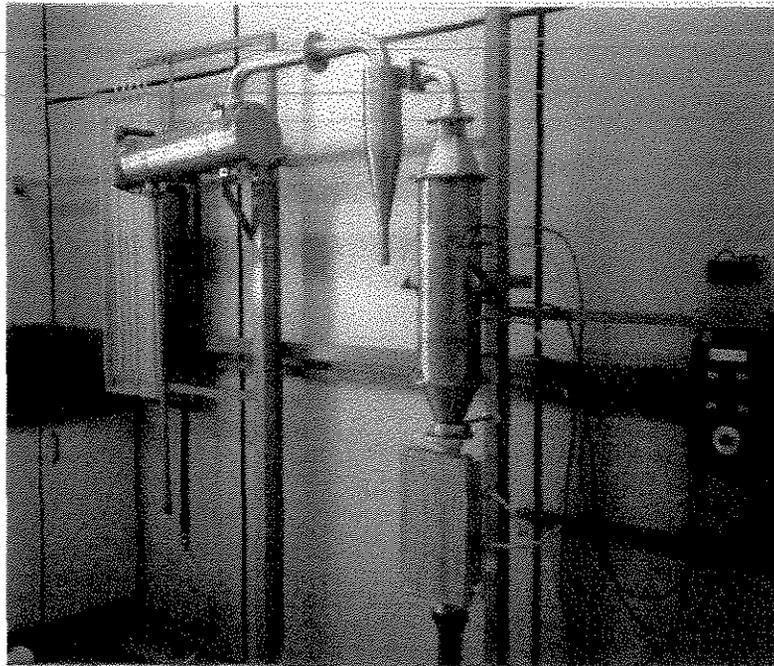


Figura 3.2. Vista geral do sistema de secagem, da direita para a esquerda visualiza-se: controlador do aquecedor elétrico, aquecedor elétrico, medidor de temperatura e termopares, câmara de secagem, ciclone, condensador e painel de manômetros.

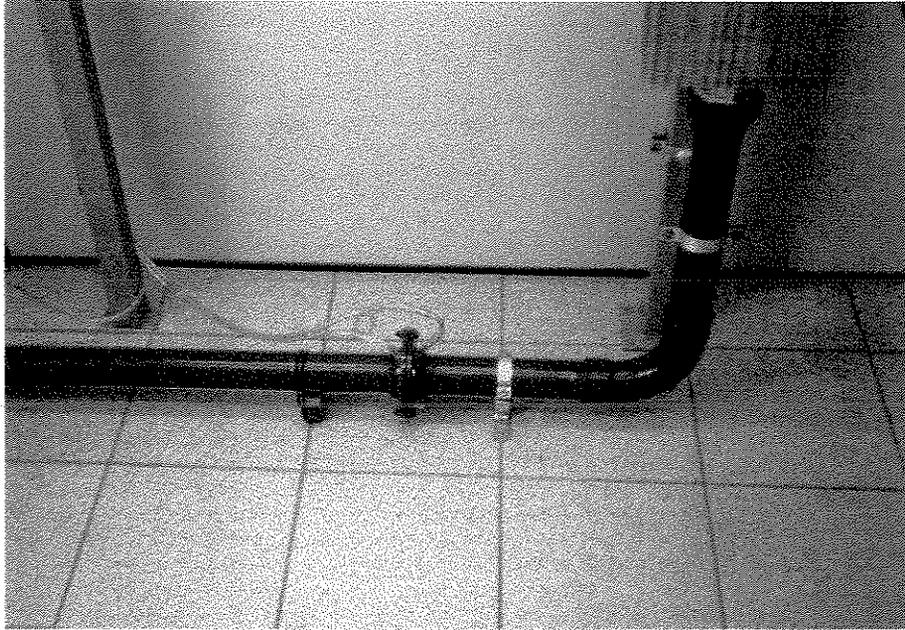


Figura 3.3. Placa de orifício.

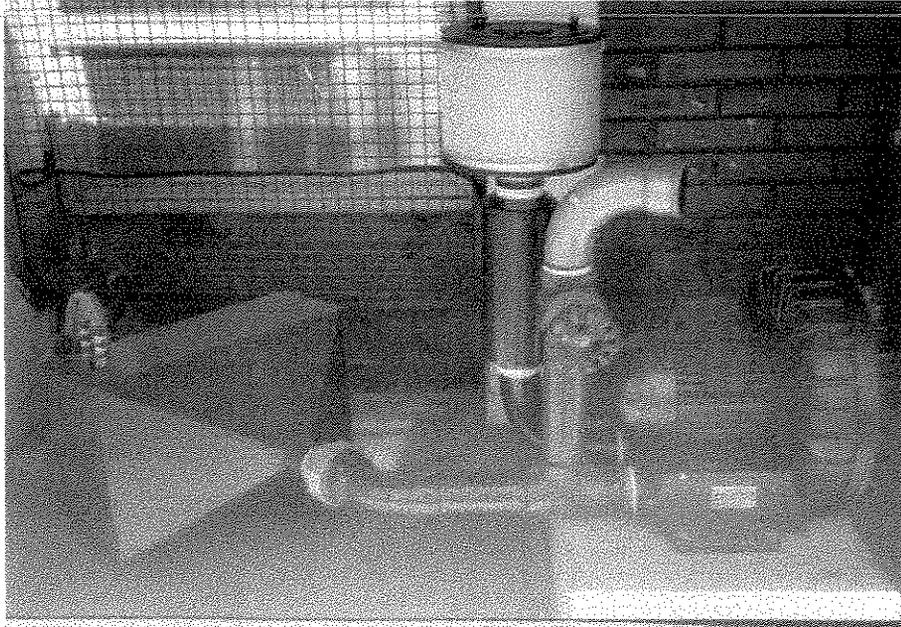


Figura 3.4. Da direita para a esquerda visualizam-se: soprador e acessórios (supressor de ruídos e filtro) e resfriador de ar.

3.2.5.2. Definição de condições operacionais do processo

Para a otimização do funcionamento do equipamento foram realizados os seguintes procedimentos:

Definição dos níveis da temperatura de trabalho: as temperaturas de trabalho foram selecionadas levando-se em consideração os seguintes critérios: a viabilização da etapa de inativação microbiológica (IM) dos RSS por calor seco e a resistência térmica dos materiais constituintes da composição dos RSS (significativamente heterogênea). Assim, mediante consulta à literatura obteve-se os intervalos de temperaturas e tempos de exposição utilizados, freqüentemente nos processos de esterilização por calor seco, conforme mostra a Tabela 3.3. O calor seco causa a morte de microorganismos fundamentalmente por um processo de oxidação, ocorrendo uma desidratação progressiva do núcleo das células ROMANO E QUELHAS (2002).

Tabela 3.3: Tempo de exposição ao calor seco.

Temperatura (°C)	Tempo de exposição*
180	30 minutos
170	60 minutos
160	120 minutos
150	150 minutos
140	180 minutos
121	6 horas

*Sem inclusão do tempo de aquecimento

Fonte: JOSLYN (1991), ROMANO E QUELHAS (2002).

Testes preliminares de verificação da resistência térmica dos constituintes da amostra mostraram que alguns materiais não suportavam temperaturas superiores a 160 °C, pois alguns materiais entravam em decomposição térmica. Visando a otimização do processo, com relação ao tempo de ciclo de secagem (tempo necessário para a remoção do conteúdo de umidade da amostra e inativação microbiológica), o nível mínimo para a temperatura de operação foi fixado em 140 °C, visto que, temperaturas mais baixas tornariam o tempo de ciclo de secagem muito longo, como mostra a Tabela 3.3. Desta

forma, as temperaturas de operação mínima e máxima foram definidas, respectivamente como 140 e 160 °C.

Definição dos níveis da vazão do ar de secagem: a câmara de secagem foi projetada para operar com o leito de material fixo (altura do leito em cada bandeja igual a 3,5 cm). O nível máximo da vazão de operação foi definido como sendo a máxima queda de pressão (ΔP), medida por uma placa de orifício (item 3.2.4.1), para a qual amostras do RSS totalmente seco permaneciam fixas nas bandejas. Este ponto foi obtido visualmente, colocando-se no lugar das portas da câmara de secagem (B1 e B2) um filme polimérico translúcido, com perfeita vedação, que permitiu a observação do sistema. A vazão mínima de trabalho foi definida como sendo 50% da queda de pressão (ΔP) máxima para manter o leito fixo. O nível máximo de ΔP na placa de orifício fixado para o processo foi igual a 10 cm H₂O o nível mínimo 5 cm H₂O. Estes níveis de pressão corresponderam, respectivamente aos seguintes valores de vazão: 0,471 (kg/min) e 0,345 (kg/min), calculados conforme a metodologia descrita no Apêndice 5.

Definição do conteúdo de umidade inicial da amostra: o conteúdo de umidade inicial das amostras foi definido, com base nos dados da determinação do conteúdo de umidade dos RSSI dos setores do estabelecimento de saúde estudado (itens 3.2.3.3 e 3.2.3.4). O valor médio obtido foi igual a 28% (base úmida), a partir de 75 amostras provenientes de 25 setores do estabelecimento de saúde estudado. Os níveis mínimos e máximos desta variável foram calculados baseados na estimativa do desvio padrão (s_p), igual a 18% e calculado conforme metodologia sugerida por WERNIMONT (1985) A Tabela 3.4 mostra os valores da variável conteúdo de umidade inicial, em base úmida (bu) e seus respectivos valores em base seca (bs).

Tabela 3.4: Valores de conteúdo de umidade inicial das amostras de RSS real.

Conteúdo de umidade inicial $U_{bu,0}$ (% bu)	Desvio Padrão s_p	Conteúdo de umidade inicial $X_{bs,0}$ (% bs)
10	-	11
28	18	39
46	+	85

3.2.5.3. Condições de processo empregadas no estudo da cinética de secagem do RSS.

A cinética de secagem do RSS foi estudada nas seguintes condições: leito fixo; altura do leito igual a 04 cm; temperaturas do ar de secagem (T): 140 °C e 160 °C; vazão do ar de secagem (Q_m): 0,345 (k/min) e 0,471 (kg/min); conteúdo de umidade inicial das amostras ($X_{bs,0}$) 11, 39 e 85 (%). Foram realizados 12 ensaios, combinando-se os níveis das variáveis (Q_m , T e $X_{bs,0}$) organizados mediante o emprego da técnica de planejamento fatorial estatístico, conforme mostra a Tabela 3.5.

Tabela 3.5: Planejamento dos ensaios do estudo de cinética de secagem de RSS.

Nº de Ensaio	Q_m (kg/min)	T (°C)	$X_{bs,0}$ (%)
01	0,345	140	11
02	0,471	140	
03	0,345	160	
04	0,471	160	
05	0,345	140	39
06	0,471	140	
07	0,345	160	
08	0,471	160	
09	0,345	140	85
10	0,471	140	
11	0,345	160	
12	0,471	160	

3.2.5.4. Preparação da amostra de RSS “tipo” utilizadas nos ensaios de secagem

Foi utilizada uma amostra (sintética) preparada em laboratório, denominada RSS “tipo” (EPA, 1993a; SOARES, *at al*, 2000), com base na composição gravimétrica dos RSSI reais (item 3.2.1.5). Na preparação desta amostra foram empregado-se materiais de uso hospitalar, não utilizados. Todos os materiais foram adquiridos em lojas especializadas e aqueles não disponíveis nas lojas foram obtidos no estabelecimento de saúde como, por

exemplo, sangue doado a partir do estoque para transfusão, portanto devidamente analisado.

Inicialmente os materiais identificados na composição gravimétrica dos RSSI, obtida segundo a metodologia descrita no item (3.2.1.5) foi distribuída entre 03 grupos de materiais: Grupo 1- *materiais que devido ao seu tamanho e forma necessitavam ser triturados* (plástico, papel, látex, têxteis, metal e vidro); Grupo 2- *Sangue* e Grupo 3- *outros líquidos*. Esta distribuição teve o objetivo de facilitar a formulação das amostras com conteúdo de umidade inicial, nos níveis estabelecidos para os ensaios. A categoria do material denominada outros, representando 1% da composição gravimétrica dos RSSI, conforme o item 3.2.1.5 e constituída de materiais diversos não foi incluída em nenhum dos três grupos de materiais citados, pois se tratava de materiais, os quais eram encontrados esporadicamente em um ou outro setor de geração (como: palito de madeira, esponja de limpeza, chapa fotográfica, entre outros). Contudo, poderiam fazer parte da categoria de materiais reunidos no Grupo 1, sem qualquer prejuízo desta metodologia.

Os constituintes do Grupo 1, representando 69% da composição dos RSSI estudados, foram misturados e triturados em um triturador de facas (Marca: KEY). Após a trituração, eram armazenados ao abrigo da umidade. Antes da preparação da amostra o resíduo triturado era seco em estufa à temperatura de 75 °C por um período de 24 horas. Este procedimento tinha o objetivo de uniformizar o conteúdo de umidade inicial da mistura de materiais.

No Grupo 2 (19%) foi utilizado sangue, devidamente analisado com sorologia negativa para: sífilis, chagas, hepatite B e C, HIV, HTLV e I/II. Este material foi doado pelo estabelecimento de saúde a partir de seu estoque para transfusão. O Grupo 3 (12%) foi simulado utilizando-se água, pois a grande maioria dos líquidos identificados no estabelecimento de saúde era soluções aquosas de limpeza exauridas ou soluções residuárias de análises de sangue e hemoderivados realizadas em equipamentos automatizados.

A partir dos grupos de materiais, as amostras foram preparadas mediante um balanço de massa empregando-se as relações (4.2), (4.3) e (4.4), a partir das quais obteve-se as massas de cada grupo, tal como: M_R (massa de resíduos, grupo 1),

M_S (massa de sangue, grupo 2) e M_L (massa de líquido, grupo 3), que deveriam ser misturadas para a obtenção da M_{AS} (massa da amostra sintética) com conteúdo de umidade inicial pretendido.

Balanço Global:

$$M_{AS} = M_R + M_S + M_L \quad (3.2)$$

Balanço de sólido seco:

$$M_{AS} \cdot (SS_{AS}) = M_R \cdot (SS_R) + M_S (SS_S) \quad (3.3)$$

Relação sangue (S) – líquido (L):

$$\frac{M_S}{M_L} = 1,58 \quad (3.4)$$

A relação $\frac{M_S}{M_L}$ foi obtida, a partir da determinação da composição gravimétrica do RSSI real. As variáveis SS_{AS} , SS_R e SS_S significam, respectivamente teor de sólido seco da amostra sintética, teor de sólido seco dos resíduos do grupo 1 e teor de sólido seco de sangue (grupo 2).

O valor do teor de sólido seco de sangue, igual a 27% necessário para o balanço de massa foi obtido mediante análise realizada em balança determinadora de umidade (item 3.2.2.4).

3.2.5.5. Operação do equipamento durante os ensaios de cinética de secagem

Antes de cada ensaio o equipamento era colocado em funcionamento nas condições operacionais para a realização do ensaio, mediante o planejamento estatístico. A vazão era regulada através de uma válvula gaveta, observando-se o manômetro conectado à placa de orifício. O sistema de aquecimento era ligado, combinando-se o número de resistências elétricas necessárias para atingir a temperatura de trabalho. O equipamento de secagem entrava em regime em 30 minutos. Massas iguais do resíduo eram acondicionadas, respectivamente nas duas bandejas, previamente taradas. As massas de resíduo utilizadas foram: 50 g ($X_{bs,0} = 11\%$), 90 g ($X_{bs,0} = 39\%$) e 160 g ($X_{bs,0} = 85\%$)

O ensaio era iniciado colocando-se as bandejas contendo o material no secador, imediatamente acionava-se o cronômetro (marca SEIKO) para a contagem do tempo. Acompanhava-se o ensaio observando-se a vazão (através da leitura de queda de pressão no manômetro em U), as temperaturas (na entrada e saída do secador e no centro das bandejas) e a perda de umidade das amostras com o tempo.

A perda de umidade das amostras durante a secagem foi acompanhada por pesagem descontínua das bandejas em balança semi-analítica (marca POLIMATE). No início da secagem em intervalos de tempo de 2 em 2 e de 5 em 5 minutos. No final da secagem de 10 em 10 minutos. A pesagem das bandejas era completada em menos de 20 segundos.

3.2.5.6. Determinação do conteúdo de umidade das amostras.

Foi empregado o método gravimétrico direto utilizando-se balança de determinação de umidade, marca MARTE, modelo ID50, precisão 0,001 g e 0,01% de umidade. A alíquota do material foi submetida a aquecimento à temperatura de 105 °C até peso constante (KEEY, 1972).

3.2.6. Estudo da secagem como método de redução de volume

3.2.6.1. Definição das condições de processo.

Os ensaios foram realizados nas condições de processo, conforme mostrado na Tabela 3.6. Nesta etapa do trabalho empregou-se um planejamento estatístico do tipo 2³, em dois níveis, para avaliar a influência das variáveis independentes (*vazão do ar de secagem, temperatura do ar de secagem e conteúdo de umidade inicial da amostra*) na redução do volume.

Devido ao estudo simultâneo da redução do volume e redução de carga microbiológica (3.2.7) nesta etapa do trabalho, as condições de processo, conforme o planejamento estatístico mostrado na Tabela 3.6 foram escolhidas, com base nos seguintes critérios: os resultados da cinética de secagem mostraram que para as amostras com conteúdos de umidade inicial mais elevados o aquecimento da massa de resíduo nas bandejas foi mais lento, condição pouco favorável para a inativação térmica de

microorganismo por calor seco. Conforme a literatura (DRUMMOND e PFLUG, 1970) conteúdos de umidade elevados podem tornar os esporos de microorganismos mais resistentes à ação do calor seco. Além disso, as análises microbiológicas empregadas como metodologia de verificação de efetividade da inativação microbiológica eram onerosas, com relação aos custos e demandavam muito tempo de análise, assim um número reduzido de ensaios contribuiu para a viabilização desta etapa, com relação ao número de ensaios avaliados no item 3.5.4.

Tabela 3.6: Matriz de valores para o planejamento fatorial estatístico, do tipo 2^3 , em dois níveis.

No de ensaios	Q_m (kg/min)	T (°C)	$X_{bs,0}$ (%)
01	0,345	140	39
02	0,471	140	39
03	0,345	160	39
04	0,471	160	39
05	0,345	140	85
06	0,471	140	85
07	0,345	160	85
08	0,471	160	85

Pelo exposto, os ensaios desta etapa da pesquisa foram realizados empregando-se os dois valores mais elevados da variável conteúdo de umidade inicial da amostra iguais a $X_{bs,0} = 39\%$ e $X_{bs,0} = 85\%$.

3.2.6.2. Metodologia de avaliação da redução do volume de RSS

A redução do volume dos resíduos foi avaliada na etapa de pré-tratamento da amostra, ou seja, a partir da trituração e após a secagem.

Na etapa de trituração a redução do volume foi estimada empregando-se o método proposto pelo CEPIS (1997). Este consistiu em colocar os resíduos sem pressão em um recipiente com volume graduado, porém de modo a haver uma perfeita acomodação dos mesmos, para tal, foi utilizado um recipiente graduado até 20 litros. A variação do volume

aparente dos resíduos foi obtida a partir das medidas do volume inicial (antes da trituração) e volume final (após trituração).

Após a secagem, a redução do volume foi estimada pela relação $\frac{V_{ap}}{V_{ap,0}} = \frac{\rho_{ap,0}(1+X_{bs})}{\rho_{ap}(1+X_{bs,0})}$, que representa o encolhimento do volume após a secagem (RAHMAN e POTLURI, 1990). As densidades aparentes do material úmido e seco foram determinadas por deslocamento de volume usando picnometria a líquido (GOTOH *at al*, 1997), empregando-se n-hexano.

3.2.7. Estudo da secagem como método de inativação microbiológica (redução de carga microbiológica) de RSS “tipo”, empregando-se microorganismo padrão.

3.2.7.1. Definição das condições de processo

A investigação da etapa de inativação microbiológica foi realizada em oito condições de processo mostradas na Tabela 3.6, em um tempo de residência de 70 minutos e empregando-se uma concentração inicial de esporos do microorganismo padrão constante, de pelo menos $5,0 \times 10^6$ esporos/bandeja. O tempo de residência foi baseado no estudo de cinética de secagem do material.

3.2.7.2. Preparação da amostra de RSS “tipo”.

As amostras com conteúdo de umidade inicial, nos níveis a serem estudados, iguais a $X_{bs,0} = 39\%$ e $X_{bs,0} = 85\%$ foram obtidas pela mesma metodologia, conforme descrito no item (3.2.5.4).

3.2.7.3. Microorganismo padrão utilizado para a avaliação da efetividade da secagem, com relação à inativação microbiológica.

Empregou-se como microorganismo padrão para a avaliação da efetividade da secagem esporos de *Bacillus subtilis* var. *niger* (ATCC 9372) (*American Type Culture Collection* - USA), produto comercial denominado ESPOROFAR (Marca CEFAR). O produto utilizado era constituído de uma fita de papel de filtro (6 x 25 mm) envelopada e impregnada de esporos viáveis do microorganismo na concentração, de pelo menos $1,0 \times 10^6$ (esporos/fita) especificada pelo fabricante.

O *B. subtilis* var. *niger* é um microorganismo padrão, cujos esporos são, largamente utilizados para avaliar a efetividade de processos de tratamento de RSSI. Sua utilização nesses processos deve-se ao fato desse microorganismo ser, intrinsecamente resistente à inativação física e química, não ser patogênico e ser facilmente isolado a partir de um grande número de meios de cultura (EPA, 1993c). Esporos de *B. subtilis*, também são muito utilizados como indicadores biológicos na esterilização por calor seco (EPA, 1993b).

3.2.7.4. Preparação da carga de RSS “tipo” (massa de resíduo + microorganismo padrão)

As cargas de resíduos foram preparadas da seguinte maneira: massas do RSS iguais a 95g para os ensaios com $X_{bs,0} = 39\%$ e 160g para os ensaios com $X_{bs,0} = 85\%$ eram colocadas nas bandejas B1 e B2 (massa suficiente para preencher a altura do leito igual a 3,5 cm) em seguida 5 (cinco) fitas (envelopadas individualmente) contendo uma concentração aproximada de $1,0 \times 10^6$ (esporos/fita) eram dispostas em cada uma das bandejas B1 e B2, de acordo com as posições mostradas no desenho esquemático da Figura 3.5. A disposição das fitas nas bandejas era realizada de tal forma que estas ficavam totalmente cobertas pelos resíduos. A posição (5), conforme a Figura 3.5 era o ponto mais quente da bandeja, enquanto que as posições periféricas (1, 2, 3 e 4) os pontos frios.

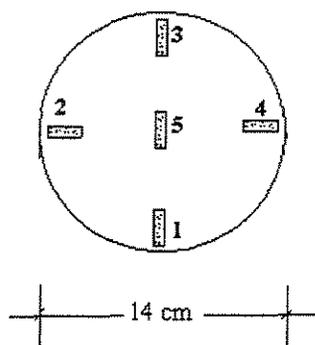


Figura 3.5: Vista superior da bandeja: desenho esquemático da disposição das fitas contendo microorganismo padrão nas bandejas B1 e B2, ensaios de inativação microbiológica.

3.2.7.5. Tratamento da carga de RSS “tipo” teste

Após a preparação das cargas de resíduos as bandejas eram submetidas, nas condições de cada ensaio Tabela (3.6), a um ciclo de secagem de 70 minutos. Terminado o ciclo as fitas contendo os microorganismos eram retiradas assepticamente das bandejas, acondicionadas em placas de Petri (estéreis) e transportadas sob refrigeração para o laboratório para serem analisadas.

3.2.7.6. Verificação da viabilidade do microorganismo padrão após a secagem

A verificação da viabilidade do microorganismo, após o ciclo de secagem foi realizada nas dependências do Instituto Adolfo Lutz (IAL), pelo Grupo de Pesquisadoras da área de Microbiologia, que têm colaborado com este trabalho desde a etapa de análise microbiológica dos RSSI “*in natura*”.

Duas metodologias de verificação da viabilidade do microorganismo após o ciclo de secagem foram utilizadas para as 5 fitas dispostas em cada uma das bandejas, conforme segue:

Metodologia qualitativa - controle positivo/negativo ou crescimento/não crescimento do microorganismo: Esta é a metodologia, normalmente utilizada na monitorização rotineira da efetividade dos processos de esterilização por calor seco, se constitui em um meio de cultivo líquido, apropriado ao crescimento do microorganismo teste, adicionado de um bioindicador. Foi utilizado um produto comercial denominado: Esporofar Controle, Marca CEFAR. Este produto comercial contém o bioindicador púrpura de bromocresol, a viragem da cor púrpura para a cor amarela, após o período de incubação adequado é indicativa de um resultado positivo (sobrevivência do microorganismo ao tratamento).

Análise das fitas após secagem: as fitas dispostas nas posições (2 e 4) eram retiradas assepticamente do envelope e eram colocadas individualmente em um frasco contendo 4 mL do produto comercial. Posteriormente os frascos eram incubados à temperatura de 37 °C durante 5 dias.

Metodologia quantitativa - contagem de microorganismos em placas em meio sólido TSA (*Trypticase Soy Agar*): a técnica de contagem em placas empregando-se como

meio de cultura *Trypticase Soy Agar* (TSA) se constitui em uma metodologia eficiente na recuperação do microorganismo estudado, mesmo que os esporos apresentem um certo grau de debilidade (injúria), pois este meio de cultura não só permite o crescimento, como também reabilita os microorganismos injuriados.

Testes preliminares de recuperação do microorganismo a partir da fita: inicialmente a metodologia para a recuperação do microorganismo impregnado nas fitas de papel de filtro foi fornecida pelo próprio fabricante do produto comercial utilizado, mediante um pedido pessoal. No entanto, esta precisou ser adaptada, pois a metodologia do fabricante não era adequada ao número de fitas que deveriam ser analisadas, neste trabalho. Assim, a metodologia foi adaptada e testada (quanto à concentração do microorganismo), respectivamente para amostras contendo 10 (amostra do fabricante) 5, 3 e 1 fita. Tanto a metodologia do fabricante quanto às variações dessa metodologia mostraram-se adequadas para a recuperação da concentração do microorganismo, $1,0 \times 10^6$ (esporos/fita) certificada pelo fabricante. Desta forma, foram validadas as variações da metodologia do fabricante, para as quais 3 fitas ou 1 fita pudessem ser analisadas.

Paralelamente, outras metodologias para a recuperação do microorganismo foram avaliadas, como: banho com ultra-som e centrifugação, contudo tais metodologias não foram tão efetivas, como a proposta pelo fabricante dos esporos do microorganismo padrão.

Análise das fitas após secagem: as fitas dispostas nas posições (1, 3 e 5) foram analisadas, de acordo com a seguinte metodologia: as fitas eram retiradas dos envelopes, assepticamente e transferidas para um balão de fundo chato contendo 30 mL de água tamponada e esterilizada ($\text{pH} = 7 \pm 0,2$), contendo uma barra magnética e pérolas de vidro. As fitas eram submetidas à agitação por 60 minutos, em agitador magnético. A suspensão de fitas e esporos, após a agitação era submetida a uma série de diluição (da ordem 10^{-3} ou 10^{-5}). Os tubos de ensaios de cada diluição eram agitados em Vortex durante 10 segundos. Todas as diluições foram semeadas em placas de Petri contendo o meio de cultura TSA (*Trypticase Soy Agar*), Marca MERCK. As placas foram incubadas à $37^\circ\text{C}/48$ horas.

Diluições da ordem de 10^{-3} foram utilizadas para as amostras provenientes da secagem. Diluições da ordem de 10^{-5} foram utilizadas para a amostra em branco. A amostra

em branco (controle positivo) era constituída de fitas (não submetidas à secagem e coletadas aleatoriamente do lote de fitas).

3.2.8. Estudo da cinética de inativação térmica do microorganismo padrão

Esta etapa do trabalho teve como objetivo verificar o tempo efetivo para inativar a população do microorganismo padrão na concentração proposta nesta investigação. Assim, em virtude desta determinação demandar muito tempo de análise (para um ensaio: 16 fitas a serem analisadas individualmente, cinco diluições para cada fita e 80 amostras para semear no meio de cultura) esta investigação foi realizada somente para uma das condições dos ensaios, mostradas na Tabela 3.6.

3.2.8.1. Definição das condições de processo

As seguintes condições de processo foram selecionadas: *vazão do ar de secagem* igual a 0,371 (kg/min.), *temperatura do ar do ar de secagem* igual a 140 °C e *conteúdo de umidade inicial* igual a 85% (bs). Das condições de processo selecionadas, pelo menos duas são desfavoráveis para a inativação microbiológica por calor seco. A temperatura no nível mais baixo (quanto mais alta a temperatura maior a extensão de morte do microorganismo para um mesmo tempo de exposição) e o conteúdo de umidade inicial no nível mais alto, cuja influência na inativação microbiológica foi citada no item (3.2.6.1).

3.2.8.2. Metodologia utilizada no ensaio

Uma amostra, com conteúdo de umidade inicial igual a $X_{bs,0} = 85\%$ foi preparada, de acordo com a metodologia proposta no item (3.2.5.4). Uma massa de amostra igual a 160 g foi pesada em cada uma das bandejas (B1) e (B2). Oito (08) fitas contendo, pelo menos $1,0 \times 10^6$ (esporos/fita) foram dispostas na periferia da bandeja (pontos mais frios) dentro da massa de resíduo, como mostrado na Figura 3.6.

Após o sistema de secagem atingir o regime de trabalho (30 minutos após a sua partida), as bandejas eram colocadas dentro da câmara de secagem. As fitas das bandejas (B1) e (B) eram retiradas assepticamente, de forma alternada, respectivamente de 5 em 5 minutos e 6 em 6 minutos.

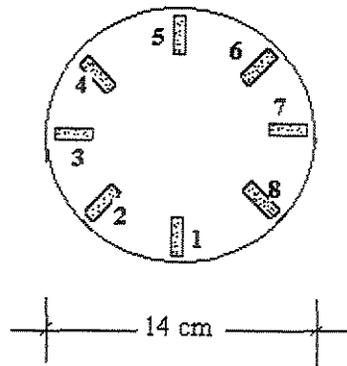


Figura 3.6: Vista superior da bandeja: Desenho esquemático da disposição das fitas contendo o microorganismo padrão nas bandejas (B1) e (B2), ensaios de cinética de inativação térmica do microorganismo padrão.

3.2.8.3. Verificação da viabilidade do microorganismo padrão após a secagem

A metodologia utilizada para a verificação de microorganismos viáveis após a secagem foi a de contagem de microorganismo em placa, em meio de cultura TSA, descrita no item (3.2.7.6). Entretanto, cada fita retirada de cada uma das bandejas foi tratada individualmente. Assim, foram obtidas 16 fitas (08 de cada bandeja). Cada fita foi colocada em um balão de fundo chato de 25 mL, contendo 10 mL de água tamponada e esterilizada ($\text{pH} = 7 \pm 0,2$), uma barra magnética e pérolas de vidro. Foi agitada, em agitador magnético por 60 minutos. A suspensão (fita esporos) foi diluída até a ordem de 10^{-5} . Cada diluição foi agitada por 10 minutos em vortex, semeada em placa de Petri contendo meio de cultura TSA e incubada à temperatura de $37\text{ }^{\circ}\text{C}/48$ horas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. MAPEAMENTO DO ESTABELECIMENTO DE SAÚDE

4.1.1. Identificação do Estabelecimento de Saúde

O Centro de Hematologia e Hemoterapia da UNICAMP atua como centro de referência para a Região de Campinas nas áreas de Hematologia e Hemoterapia, atendendo a uma população de 6 milhões de habitantes distribuídos em cerca de 120 municípios. Este estabelecimento de saúde possui dois prédios de 02 andares cada. Hemocentro 1 (H1) e Hemocentro 2 (H2), nos quais estão distribuídas todas as atividades do mesmo e funciona 22 horas por dia. O Estabelecimento desenvolve as seguintes atividades:

- Presta assistência, ambulatorial (80 pacientes/dia), hospitalar (10 leitos no HC da Unicamp), quimioterápico (200 procedimentos/mês), odontológico (200 pacientes/mês) e laboratorial especializado;
- Realiza diagnóstico e pesquisa em laboratórios especializados como Hemostasia, Bioquímica e Biologia Molecular e Celular, Marcadores Celulares, Imunologia eritrocitária, histocompatibilidade (HLA) e Sorologia;
- Dirige o serviço de Transplante de Medula Óssea da Unicamp;
- Realiza coleta de sangue de doadores voluntários;
- Realiza a separação do sangue em componentes, testa a qualidade do sangue e realiza exames de compatibilidade pré-tranfusoriais;
- Atua na área de ensino no nível de graduação e pós-graduação;
- Desenvolve pesquisa nas áreas de Hematologia e Hemoterapia, entre outras atribuições.

O estabelecimento segrega os seguintes tipos de RSS: Infectante (utilizando 4 diferentes tipos de contêineres); comum, semelhantes ao doméstico (sacos e contêineres pretos) e resíduos comuns recicláveis sacos e contêineres coloridos como: azul (papel), vermelho (plástico), amarelo (metais) e verde (vidro). Foram identificados setores que

geram resíduos químicos, quimioterápicos e radioativos. Pequenas quantidades de resíduos quimioterápicos e outros medicamentos (contidos em seringas e frascos) são descartados como RSSI acondicionados em caixas de perfurantes e cortantes.

Resíduos radiativos são armazenados para decaimento e posteriormente são descartados como RSSI. Resíduos químicos, pequenas quantidades como sobras de reagentes utilizados em análises de laboratório foram encontrados descartados como RSSI. Quantidades maiores de resíduos químicos são acondicionados em embalagens apropriadas e armazenados.

Os RSS infectantes do estabelecimento de saúde são segregados em 4 diferentes tipos de contêineres: contêiner plástico tampado utilizado como suporte para os sacos leitosos com capacidade de 40 L e 60 L; caixa rígida de papelão utilizada para segregar perfurantes e cortantes, com capacidade de 3 L, 7 L e 13 L, padronizadas de acordo com as especificações da legislação; caixa rígida de papelão impermeabilizada com saco leitoso com capacidade de 60 L e frascos de PVC com capacidade de 5 L. Os contêineres são dispostos nos setores de geração de acordo com a quantidade e o tipo de RSSI a ser segregado.

Somente dois setores do estabelecimento de saúde utilizam as caixas rígidas de papelão de 60 L: a unidade, onde é realizada a separação dos derivados de sangue, pela natureza da atividade do setor são descartadas um grande número de bolsas de sangue, resíduo muito denso para ser depositado somente no saco leitoso; e o laboratório onde são realizados os testes sorológicos nas amostras de sangue, pois gera uma grande quantidade de resíduos potencialmente contaminados (kits de teste ELISA, Hepatite, entre outros). Os frascos de PVC (5 L) são utilizados em vários setores do estabelecimento no acondicionamento de resíduos líquidos e principalmente no acondicionamento de flaconetes de amostras de sangue (tubos de amostras de sangue) descartados após procedimentos de análise ou pesquisa.

O estabelecimento de saúde possui um abrigo de resíduos (construído no decorrer desta pesquisa) onde realiza a armazenagem temporárias dos seus resíduos. Os RSS coletados no estabelecimento são dispostos, no abrigo de resíduos, de forma ordenada, em compartimentos isolados e devidamente identificados por tipo de resíduo (infectante,

comum e reciclável). A coleta externa dos RSS infectantes ocorre 02 (duas vezes por dia) manhã e tarde (ou noite). Os RSSI são armazenados em contêineres metálicos tampados. Os contêineres são trocados a cada coleta, pois o caminhão coletor remove os resíduos dentro do próprio contêiner. Os RSSI são coletados e transportados por caminhões fechados (identificados com o símbolo de infectante) para o aterro DELTA da Prefeitura Municipal de Campinas, onde são tratados por um sistema que utiliza microondas como princípio de tratamento.

4.1.2. Identificação dos setores de geração de resíduos infectantes e classificação do tipo de resíduo segundo o CONAMA (1993/2001)

O levantamento dos dados foi realizado no período de novembro - dezembro/2000 e constantemente atualizado devido à ampliação do espaço físico do estabelecimento e mudanças de local de alguns laboratórios e criação de novos setores.

No Quadro 4.1 são mostradas as grandes áreas do estabelecimento de saúde, relacionadas, respectivamente ao número de setores de geração de RSSI identificados nessas áreas, bem como, a frequência e horários de coleta dos RSSI, além de uma breve descrição das atividades desenvolvidas nessas áreas. A organização das grandes áreas em subsistemas teve a finalidade de facilitar as etapas posteriores desta pesquisa. Enquanto que no Quadro 4.2 são listados todos os setores de geração de RSSI, os quais foram organizados e devidamente codificados para facilitar a discussão de resultados posteriores.

No (Anexo 1) são mostradas as planilhas de dados, as quais foram empregadas na identificação dos setores de geração de RSSI do estabelecimento de saúde e dos seus respectivos tipos de resíduos.

Foram identificados 43 setores de geração de RSSI, número bastante significativo se comparado a estabelecimentos típicos (hospitais). MATTOSO (1996) identificou em um hospital de médio porte (360 leitos) 11 setores de geração, número citado como significativo pelo pesquisador.

Além dos setores de geração listados no Quadro 4.2, o estabelecimento possui uma grande estrutura administrativa, 2 copas para funcionários (H1/1ºandar-Ala A e H1/térreo-Ala B), 1 copa que atende pacientes (H1/1ºandar/Ala B), contudo os resíduos provenientes

de pacientes são segregados como RSSI, 1 lanchonete localizada nas dependências do setor de coleta de sangue de doadores voluntários (H1/térreo-Ala A), mas esta não produz RSSI e 1 refeitório exclusivo de funcionários (H2/1ºandar/Ala B) que gera resíduo comum e reciclável.

Quadro 4.1: Organização das grandes áreas do estabelecimento de saúde.

Subsistemas		SG ^a	CD ^b	HC ^c	Atividade principal
Subsistema (I)	H1/térreo/Ala A	02	02	11:45/15:30/19:00	Coleta e separação de derivados de sangue.
	H1/térreo/Ala B	11	02	11:45/14:00/19:00	Atendimento médico ambulatorial.
Subsistema (II)	H1/1ºandar/Ala A	06	02	11:45/19:00	Análises laboratoriais e controle de qualidade de sangue; central de lavagem e esterilização de materiais diversos de uso hospitalar.
	H1/1ºandar/Ala B	11		11:45/19:00	Avaliação de doadores de hemoderivados; setor de quimioterapia que realiza atendimento médico e odontológico; laboratório de pesquisa.
Subsistema (III)	H1/2ºandar/Ala A	02	02	07:15/11:45	Análises laboratoriais de sangue.
	H1/2ºandar/Ala B	04	02	06:45/11:45	Análises laboratoriais de sangue.
Subsistema (IV)	H2/térreo/2ºandar/Alas A e B	04	01	19:00	Controle de qualidade de sangue, ensino e pesquisa.
Subsistema (V)	H2/térreo e 1ºandar	03	01	06:45	Ensino e pesquisa.

Onde: ^a SG, número de setores de geração de RSSI, ^bCD, número de coletas diárias, ^cHC, horários das coletas

Conforme os Quadros 4.1 e 4.2 foram identificados no estabelecimento de saúde 43 setores, Para facilitar a citação desses setores ao longo das discussões dos resultados desta pesquisa, adotou-se a seguinte sistematização: os setores de geração foram codificados e setores de geração com atividades similares foram agrupados, recebendo um único código de identificação. Estes deverão ser citados ao longo deste texto pelo código de identificação, o que significa que podem conter 1, 2 ou mais setores de geração identificados originalmente.

Quadro 4.2: Organização dos setores de geração de RSSI do estabelecimento de saúde.

Subsistemas		Setores de Geração	Código de identificação
Subsistema (I)	H1/térreo/Ala A	Lab. de Fracionamento e Estoque	Pto1
		Coleta de Sangue	Pto2
	H1/térreo/Ala B	Consultório de procedimentos especializados	Pto3
		Consultórios 1 – 9*	Pto4
		Coleta de Material para Exames	Pto5
Subsistema (II)	H1/1ºandar/Ala A	Central de Material contaminado	Pto6
		Central de Material esterilizado	Pto7
		Lab. de Imunohematologia Eritrocitária – doadores	Pto8
		Lab. de Sorologia	Pto9
		Lab. de Imunohematologia Eritrocitária – Especializada	Pto10
	H1/1ºandar/Ala B	Lab. de HLA (cultura)	Pto11
		Aférese	Pto12
		Ambulatório de Quimioterapia	Pto13
		Posto de Enfermagem (área de coleta de material para exames)	Pto14
		Posto de Enfermagem	Pto15
		Consultório 01	Pto16
		Consultório 02	
		Consultório 03	
		Consultório de Odontologia	Pto17
		Ambulatório de Transfusão – adulto	Pto18
Ambulatório de Transfusão – infantil			
	Lab. de Pesquisa (Cida)	Pto19	
Subsistema (III)	H1/2ºandar/Ala A	Lab. de Marcadores Celulares e Citogenética	Pto20
		Lab. de Criopreservação	Pto21
	H1/2ºandar/Ala B	Lab. de Compatibilidade/ Transfusão Externa	Pto22
		Lab. de Hematologia	Pto23
		Lab. de HLA Histocompatibilidade	Pto24
	Lab. de HLA Genotipagem	Pto25	
Subsistema (IV)	H2/térreo/2ºandar/ Alas A e B	Lab. de Hemostasia	Pto26
		Lab. de Controle de Qualidade e Biossegurança	Pto27
		Lab. de CFU e Imunotoxicologia	Pto28
		Lab. de Biologia Molecular e Terapia Gênica	Pto29
Subsistema (V)	H2/térreo e 1ºandar	Lab. Geral (1º andar)	Pto30
		Lab. Geral (térreo)	Pto31
		Sala de lavagem de material (térreo)	Pto32

*Representa 9 (nove) consultórios médicos.

4.1.3. Resultados da quantificação dos RSS gerados no estabelecimento de saúde

Os resultados obtidos da quantificação de tipos de RSS gerados no estabelecimento são mostrados na Tabela 4.1. Na Figura 4.1, mostra-se a variação diária da geração dos RSS durante o período de quantificação, enquanto na Figura 4.2, mostra-se a distribuição dos tipos de resíduos segregados no estabelecimento.

Tabela 4.1. Quantificação de tipos RSS segregados no estabelecimento de saúde.

DIA/SEM.	TIPOS DE RESÍDUOS (kg)					
	Infectante	Comum	Recicláveis			
			Papel (Azul)	Plástico (Vermelho)	Metais (Amarelo)	Vidro (Verde)
SEG	184	95	69	31	0	0
TER	145	87	30	19	0	1
QUA	161	84	46	14	1	0
QUI	141	89	20	15	1	0
SEX	130	110	21	21	1	0
SAB	42	3	3	0	0	0
DOM	7	5	8	3	0	4
Média/Dia	116	68	28	15	1	1
Total/Sem.	811	473	196	103	4	5
Total/Mês	3.475	2.028	838	441	17	23

De acordo com os dados mostrados na Tabela 4.1, o estabelecimento apresentou uma geração de RSS em torno de 229 (kg/dia). Estes resultados se comparados à geração diária de outros estabelecimentos de saúde representam: a produção diária de RSS de 78 ambulatorios, 226 clínicas médicas, 25 prontos atendimentos ou 176 clínicas dentárias, conforme investigação realizada por AKUTSU e HAMADA (1993). A maior taxa de geração diária foi obtida para os RSSI igual a 116 (kg/dia).

Os níveis mais baixos de produção de RSS observados no estabelecimento, de acordo com a Figura 4.1, correspondem aos dias, nos quais ocorrem as paralisações da maior parte das atividades, sábado e domingo. A variação da geração diária dos RSS do estabelecimento estudado foi similar às distribuições diárias apresentadas na literatura (LIBERTI et al., 1994) para estabelecimentos típicos (hospitais), para os quais tem-se verificado um maior número de pesquisas.

O estabelecimento de saúde segregava, em torno de 19% de RSS que podem ser reciclados, conforme mostra a Figura 4.2, contudo apresentou uma produção diária média de RSSI de 51%, com relação aos demais resíduos produzidos no estabelecimento.

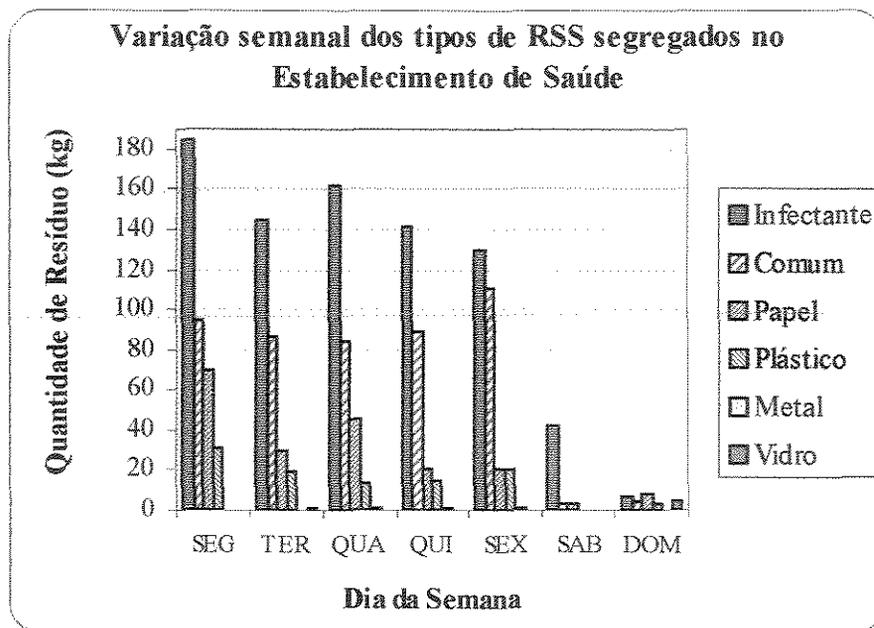


Figura 4.1: Variação da geração dos tipos de resíduos segregados no estabelecimento de saúde no período de 7 dias de amostragem.

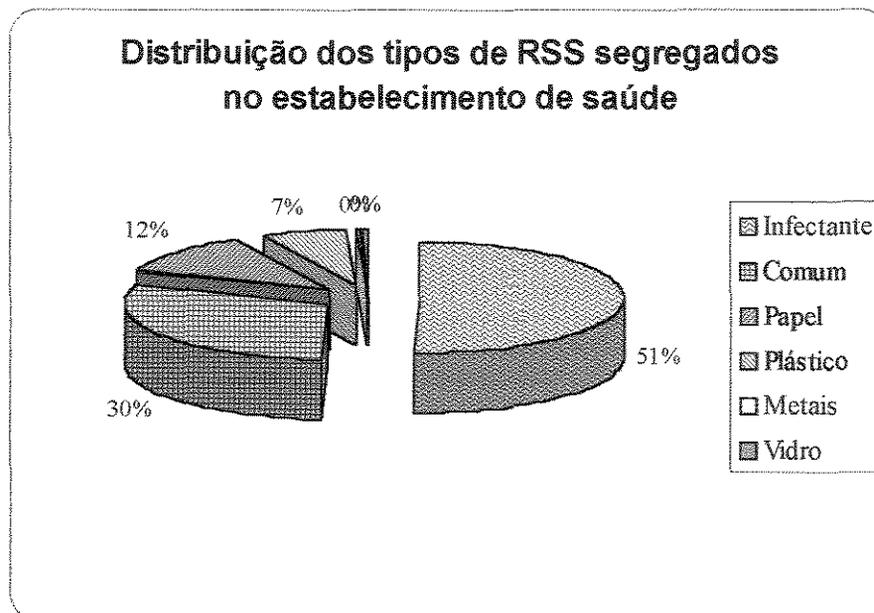


Figura 4.2: Distribuição de tipos de RSS gerados no estabelecimento, com base na produção diária dos mesmos.

Segundo a WHO (1999) a percentagem de resíduo do tipo infectante nos resíduos totais de um estabelecimento típico (hospital), deve se situar, entre 15 – 25%, como consequência de práticas satisfatórias empregadas no gerenciamento dos RSS. A percentagem de RSSI obtida neste estudo foi igual a 51%, em termos comparativos com as percentagens estabelecidas para hospitais (15-25%), esta pode ser considerada elevada e de acordo com STEDILE (2000), consequência de um gerenciamento inadequado desses resíduos. Contudo, os resultados obtidos a partir do estabelecimento de saúde estudado, podem estar associados à natureza das atividades do estabelecimento. A partir da literatura consultada não foi possível estabelecer uma comparação com o mesmo tipo de estabelecimento estudado (banco de sangue), por não terem sido encontrados resultados similares.

Na Tabela 4.2 são mostrados os resultados referentes à produção diária de RSSI por setor de geração do estabelecimento de saúde. Nas Figuras 4.3 e 4.4, mostra-se uma comparação da geração desses resíduos entre os setores de geração.

Tabela 4.2: Quantificação de RSSI por setor de geração.

Setor de Geração	RSSI (kg/dia)	Setor de Geração	RSSI (kg/dia)
Pto1	26,2	Pto17	0,3
Pto2	8,8	Pto18	2,3
Pto3	1,4	Pto19	0,9
Pto4	2,1	Pto20	2,4
Pto5	2,5	Pto21	0,6
Pto6	10,2	Pto22	3,7
Pto7	0,5	Pto23	3,6
Pto8	2,8	Pto24	1,8
Pto9	16,6	Pto25	0,6
Pto10	1,8	Pto26	4,8
Pto11	0,1	Pto27	3,2
Pto12	4,8	Pto28	0,9
Pto13	2,4	Pto29	1,6
Pto14	1,8	Pto30	2,4
Pto15	1,0	Pto31	2,3
Pto16	0,6	Pto32	1,5

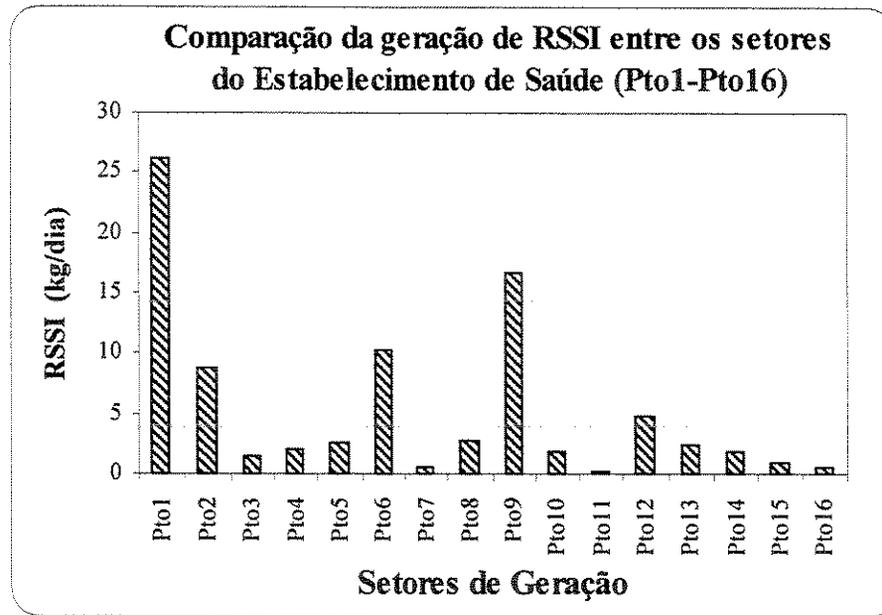


Figura 4.3: Comparação da geração diária de RSS Infectantes entre os setores do estabelecimento de saúde (Pto1 a Pto16).

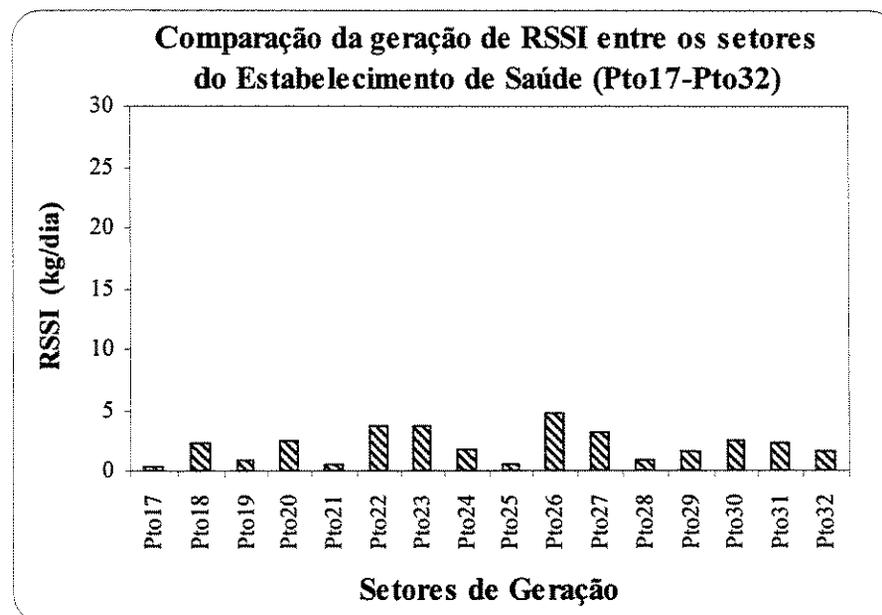


Figura 4.4: Comparação da geração diária de RSS Infectantes entre os setores do estabelecimento de saúde (Pto17 - Pto32).

Conforme as Figuras 4.3 e 4.4, os setores que apresentam as maiores taxas diárias de geração de RSSI foram, respectivamente: Pto1 (26,2 kg/dia), Pto9 (16,6 kg/dia), Pto6 (12,2 kg/dia) e Pto2 (8,8 kg/dia). Os resultados obtidos mostraram coerência com as atividades desenvolvidas nesses setores. Os Pto2, Pto1 e Pto9 são setores que trabalham interligados e desenvolvem, respectivamente as atividades de coleta, fracionamento e controle de qualidade do sangue (testes sorológicos) proveniente de doadores voluntários. O setor (Pto6) concentra a limpeza de materiais e utensílios contaminados de todos os setores do estabelecimento, a partir do qual é descartada uma quantidade diária significativa de soluções exauridas de produtos químicos utilizados em desinfecção e limpeza, o que faz com que esse setor tenha sido identificado como um dos maiores geradores do estabelecimento. A produção diária dos demais setores situou-se abaixo de 5 (kg/dia).

4.1.4. Resultados da identificação e avaliação qualitativa de riscos e seus efeitos

Como resultados desta avaliação foram obtidas 11 planilhas, conforme mostradas no Apêndice 3. No Quadro 4.3, mostra-se, como exemplo, os resultados para um dos procedimentos da operação de segregação.

Quadro 4.3: Resultados da avaliação de práticas de manejo interno de RSSI usando a técnica APR, exemplo: operação de segregação.

Sistema: Estabelecimento de saúde						
Prática de manuseio: Operação de segregação						
Objetivo: Separação e identificação de RSS.						
Data:						
Procedimento	Falha	Método de detecção	Conseqüência	*SC	**PO	Ações corretivas
Todos os RSS devem ser dispostos em contêineres, apropriadamente identificados e localizados, o mais próximo possível da fonte de geração (ABNT, 1993a).	*Contêineres distantes da fonte de geração.	*Inspeção do setor de geração.	*Desencoraja uma segregação adequada dos RSSI.	I	C	*Identificar todos os pontos de geração de RSSI e dispor os contêineres devidamente identificados o mais próximo possível dos mesmos.
	*Contêineres identificados inadequadamente	*Inspeção do setor de geração.	*Aumenta a quantidade de resíduos contaminados gerados devido à mistura de resíduos.	II	C	

*SC, severidade da conseqüência, **PO, probabilidade de ocorrência.

Os resultados para a probabilidade de ocorrência, conforme o item (3.2.1.4) foram obtidos a partir do acompanhamento diário dos procedimentos executados nas dependências do estabelecimento gerador, pelos funcionários da empresa prestadora de serviços de limpeza, encarregados do manejo dos RSS. Obteve-se os seguintes resultados:

- A operação de segregação apresentou 1 (um) evento com consequência crítica (III) e probabilidade de ocorrência comum (C) ou freqüente;
- A operação de acondicionamento apresentou 12 (doze) eventos com consequência crítica (III). Desses eventos, cerca de 60% foram considerados comuns (C) ou freqüentes de ocorrer;
- A operação de coleta interna apresentou 5 (cinco) eventos com consequência crítica (III) e probabilidade de ocorrência comum (C) ou freqüentes de ocorrer; e
- A operação de armazenagem temporária apresentou 3 (três) eventos com consequência crítica (III) e probabilidade de ocorrência comum (C) ou freqüentes de ocorrer.

Os resultados desta análise sugerem a priorização de ações corretivas, pelo menos, para as falhas na execução de procedimentos operacionais com consequência crítica (III) e probabilidade de ocorrência comum (C) ou freqüente, pois estas podem ter como consequências imediatas: a exposição de seres humanos aos resíduos não tratados e a contaminação dos locais de geração e ou disposição (temporária).

Os resultados obtidos para a operação de acondicionamento, que apresentou um número significativo (60%) de falhas de procedimentos com consequência crítica e probabilidade de ocorrência comum, podem ser justificados pela importância desta operação no manejo interno dos resíduos, pois é por meio da execução adequada dos procedimentos desta operação que se garante a formação de barreiras, entre os resíduos com potencial para a contaminação (RSSI) e, principalmente as pessoas envolvidas na coleta dos resíduos, bem como, torna seguro o manuseio dos resíduos para as operações subsequentes.

A série de riscos foi obtida considerando os seguintes tipos de riscos: *risco inicial* – falhas de procedimentos ocorridas na execução das operações de manejo dos RSSI, com consequência crítica (III) e probabilidade de ocorrência comum, devido ao potencial desta para causar um contato direto entre os RSSI não tratados e os seres humanos; *risco principal* – exposição direta aos RSSI não tratados e *risco crítico* – lesões a partir de perfurantes e cortantes e contaminação por microorganismos patogênicos. A Figura 4.5 mostra a série de risco obtida.

A série de riscos pode ser analisada em termos de possíveis inibições, que podem ser aplicadas para cada evento da série. A análise desta seqüência permite ao responsável pelo programa de gerenciamento do estabelecimento, implementar medidas de controle que minimizem ou interrompam a série de riscos. Sempre se deve priorizar o controle de risco na fonte, quando isso não for possível por problemas técnicos ou financeiros ou outros, pelo menos soluções localizadas devem ser adotadas, como por exemplo, o uso de EPI's.

Os resultados obtidos mediante a metodologia empregada, além daqueles já discutidos, possibilitaram as seguintes observações em relação ao manejo de RSSI realizado por estabelecimento de assistência à saúde:

Alguns problemas no manejo interno de RSSI podem ser evitados através de ações como fiscalização contínua dos procedimentos, bem como, empregando-se avaliação periódica da quantidade de resíduos gerados.

Medidas corretivas, para inibir falhas de procedimentos, necessitam de conhecimentos prévios relativos à sistemática de geração dos resíduos (as fontes de geração, tipos de resíduos, densidade e quantificação). A literatura (WHO, 1999) sugere que estes estudos devem preceder a implantação de qualquer programa de gerenciamento de RSS.

Ficou evidenciado também, a importância de treinamento para os indivíduos envolvidos no processo de manejo de RSS, com relação aos riscos dos resíduos, execução correta dos procedimentos operacionais e procedimentos mínimos de higiene pessoal.

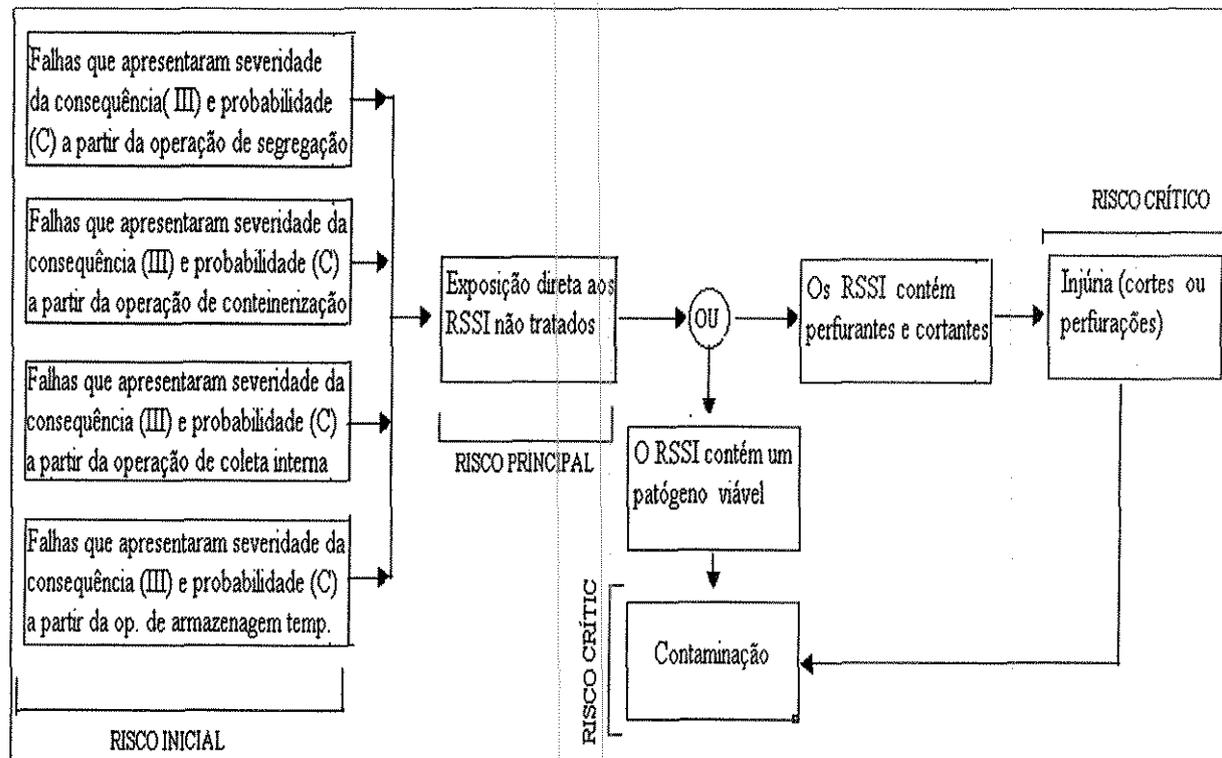


Figura 4.5: Série de riscos: sequência de eventos que podem conduzir a eventos críticos no manejo interno de RSSI.

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS RSS INFECTANTES (RSSI)

4.2.1. Resultados da determinação da composição gravimétrica dos RSSI

O levantamento dos dados foi realizado no período de Outubro/2001 a Março/2002. A massa total analisada foi em torno de 542 kg de RSSI. 29 setores de geração de RSSI foram investigados, conforme o Quadro 4.2 (código de identificação de setores de geração). O subsistema V (Pto30, Pto31 e Pto32) não foi estudado nesta etapa, pois estava localizado em uma área de acesso restrito e em virtude desta análise só poder ser realizada à noite, horário no qual o acesso tornava-se mais difícil, portanto não foi possível retirar os resíduos desses locais.

Foram realizadas 136 amostragens a partir dos 29 setores de geração estudados. Em 24 setores foram implementadas 5 repetições para cada setor, conforme a metodologia proposta neste trabalho (item 3.2.2.1). Nos demais setores (5) as amostragens foram realizadas da seguinte maneira: 3 setores com 4 repetições, 1 setor com 3 repetições e 1 setor com 1 amostragem, a razão para essa descontinuidade nas amostragens dos setores citados foi o fato dos mesmos não apresentarem uma geração diária contínua no período da investigação.

As caixas de papelão (60 L) descartadas por um dos setores do estabelecimento (Pto9) foram os únicos contêineres de RSSI que não foram abertos para a realização desta análise, devido ao seu elevado grau de contaminação (resíduos provenientes de análises de sorologia de AIDS, hepatites, sífilis, chagas, entre outros).

Na Tabela 4.3 são mostrados os valores percentuais médios dos constituintes investigados presentes na composição dos RSSI, bem como os seus respectivos valores de incertezas para a estimativa dessas medidas. A Figura 4.6 mostra a distribuição desses materiais na composição dos resíduos.

Os valores percentuais médios dos constituintes da composição dos RSSI, mostrados na Tabela 4.3 foram calculados para um limite de confiança igual a 95%. Os valores de incerteza foram calculados com base no erro padrão da média para as 136 amostragens, conforme (WERNIMONT, 1985). O valor médio obtido para a categoria metais igual a (\bar{x} 0,3), de acordo com o tratamento estatístico aplicado aos dados, deveria ter

sido arredondado para o valor zero, contudo à título de informação, o seu valor numérico original foi mostrado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Composição gravimétrica média de RSSI

Categoria de material	% peso (bu)	Incerteza (%)
Plástico	39	10
Papel/Papelão	17	4
Látex	4	1
Têxteis	3	1
Metais	0,3*	0,1
Vidro	5	2
Líquido	12	5
Sangue	19	8
Outros	1	0,5
Total	100	-

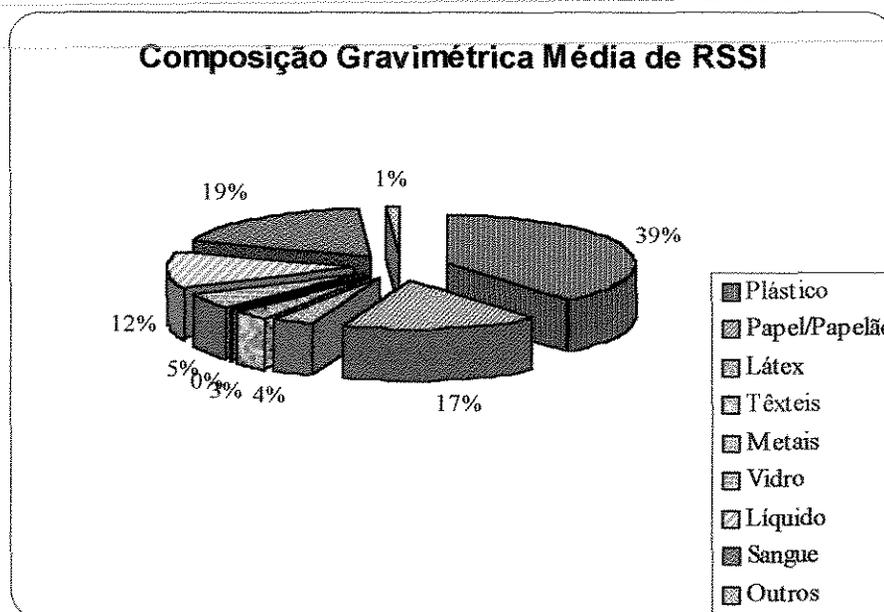


Figura 4.6: Distribuição dos materiais na composição dos RSSI.

O material predominante na composição dos RSSI do estabelecimento foi plástico (39%) seguido por sangue (19%) e papel/papelão (17%). O resultado obtido, com relação à predominância de plásticos na composição dos RSSI, está de acordo com resultados citados na literatura. LIBERTI *et al.* (1994) e LI e JENQ (1993) em suas investigações também identificaram plástico como o constituinte em maior quantidade nos RSS analisados, com valores percentuais, respectivamente iguais a 46% e 50%. A predominância de plástico na composição de RSSI está associada ao uso de descartáveis nos procedimentos hospitalares.

Embora os dados citados na literatura não sejam referentes à pesquisas realizadas em estabelecimentos similares ao investigado neste estudo (banco de sangue) eles se constituem em informações gerais sobre RSSI, pois dados dessa natureza ainda são escassos na literatura.

Nesta investigação ressalta-se a estimativa do percentual de sangue nos resíduos (19%), ligeiramente superior a de papel (17%), que normalmente nas determinações de composição gravimétrica de RSS costuma figurar como um dos maiores constituintes. Porém, o fato do constituinte sangue apresentar um percentual significativo neste estudo deve-se à natureza das atividades do estabelecimento.

4.2.2. Resultados da determinação da densidade aparente do RSSI (ρ_{ap}).

Os dados foram obtidos no período de Março a Abril/2002. 28 setores constantes no Quadro 4.2 (código de identificação de setores de geração) foram investigados. Foram realizadas 83 amostragens (27 setores com 3 repetições e 1 setor com 2 repetições).

Os setores de geração não investigados foram: os do subsistema (V) Pto30, Pto31 e Pto32, pelos mesmos motivos já mencionados e o Pto11 (Quadro 4.2), pois no período da amostragem do mesmo não havia resíduo em quantidade suficiente para a análise ou não havia resíduo.

Na Tabela 4.4 são mostrados os resultados obtidos nesta determinação. Nas Figuras 4.7 e 4.8 mostram-se valores médios de densidade aparente dos RSSI e seus respectivos desvios médios (DM) para os setores de geração do estabelecimento investigado.

Tabela 4.4: Resultados da determinação da densidade aparente do RSSI dos setores do estabelecimento de saúde estudado.

Setor de Geração	ρ_{ap} (kg/L)	DM	Setor de Geração	ρ_{ap} (kg/L)	DM
Pto1	0,290	0,069	Pto16	0,050	0,023
Pto2	0,110	0,008	Pto17	0,039	0,008
Pto3	0,050	0,012	Pto18	0,128	0,023
Pto4	0,050	0,011	Pto19	0,180	0,060
Pto5	0,090	0,009	Pto20	0,354	0,377
Pto6	0,500	0,218	Pto21	0,100	0,080
Pto7	0,190	0,022	Pto22	0,196	0,045
Pto8	0,470	0,042	Pto23	0,600	0,094
Pto9	0,279	0,006	Pto24	0,100	0,069
Pto10	0,300	0,143	Pto25	0,100	0,040
Pto12	0,160	0,010	Pto26	0,100	0,036
Pto13	0,160	0,020	Pto27	0,200	0,079
Pto14	0,100	0,019	Pto28	0,080	0,044
Pto15	0,240	0,014	Pto29	0,138	0,004

Nesta determinação empregou-se o parâmetro estatístico desvio médio (DM), para medir a extensão dos desvios a partir de 03 repetições da determinação do parâmetro, com relação ao valor médio das repetições, considerado como o resultado para cada setor de geração. O Desvio Médio representa de forma significativa, estatisticamente, a dispersão de resultados para um número pequeno de repetições.

Foram obtidos os seguintes resultados: densidade aparente média (ρ_{ap}), considerando-se as 83 amostragens e cálculo da incerteza baseada no desvio padrão, igual a $0,200 \pm 0,013$ (kg/L), valor máximo igual a 0,920 (kg/L) e valor mínimo igual a 0,030 (kg/L). O Pto23 foi o setor de geração que apresentou o maior valor médio de densidade aparente igual a $0,600 \pm 0,094$ (kg/L), conforme a Tabela 4.7 e Figuras 4.7 a 4.8.

FERREIRA (200) obteve valores iguais a $\rho_{ap} = 0,121$ kg/L e 0,154 kg/L, contudo este pesquisador não menciona a metodologia adotada e nem se os resíduos investigados eram do tipo infectantes. LIBERTI *et al.* (1994) determinou um valor médio igual à 0,110 kg/L obtido a partir da investigação de RSSI provenientes de hospitais. Na literatura consultada não foram encontrados dados de investigações similares para o tipo de

estabelecimento abordado neste estudo, assim procuramos pelos menos comparar os resultados obtidos neste trabalho com os dados disponíveis na literatura, os quais também são escassos.

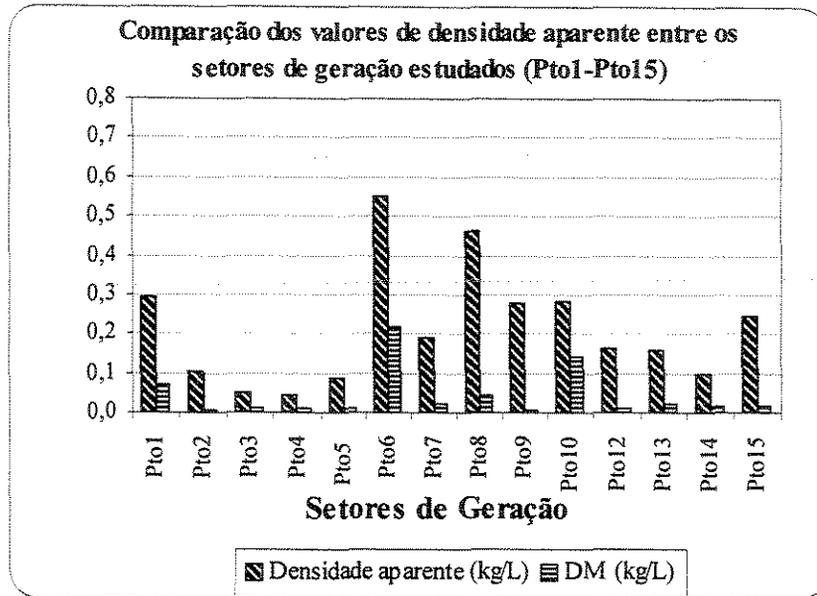


Figura 4.7: Valores médios da determinação de densidade aparente dos RSSI e seus respectivos desvios médios (*DM*) para os setores de geração do estabelecimento (Pto1 a Pto15), exceto o setor (Pto11).

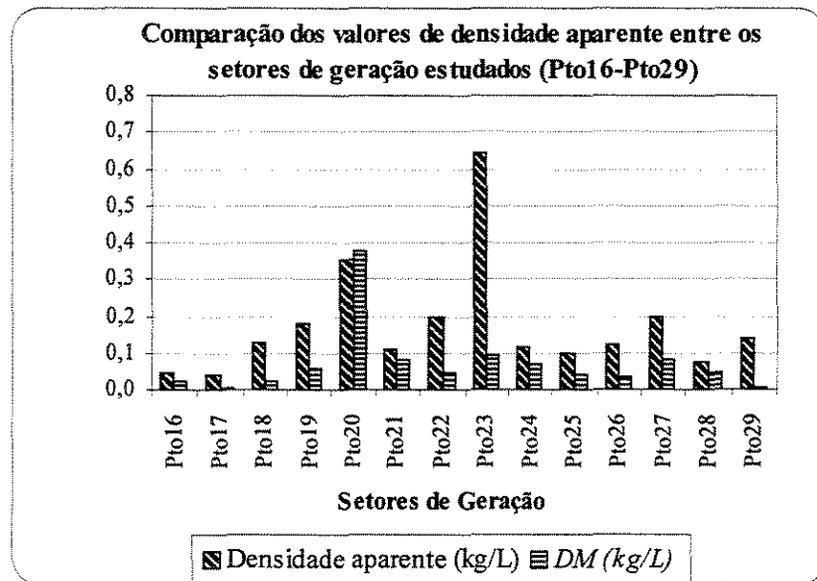


Figura 4.8: Valores médios da determinação de densidade aparente dos RSSI e seus respectivos desvios médios (*DM*) para os setores de geração do estabelecimento (Pto16 - Pto29).

Alguns setores de geração, observados nas Figuras 4.7 e 4.8, apresentaram valores de DM elevados como os setores Pto20 ($DM = 0,377$), Pto6 ($DM = 0,218$), Pto10 ($DM = 0,143$), destacando-se o valor do DM do Pto20, superior ao valor médio obtido para a densidade aparente ($\rho_{ap} = 0,354$). Os menores DM foram apresentados, respectivamente pelos setores: Pto29 ($DM = 0,004$), Pto9 ($DM = 0,006$) e Pto2 ($DM = 0,008$).

Verificou-se que a densidade aparente está fortemente associada à composição dos RSSI e consequentemente às atividades dos setores de geração. O Pto2 produz um resíduo com uma composição diária pouco heterogênea, em comparação com outros setores (com relação aos tipos de constituintes investigados na composição dos resíduos como plástico, têxteis, látex, entre outros). Os resíduos desse setor são descartados diariamente sempre nos mesmos tipos de contêineres (saco leitoso e caixas rígidas de papelão para perfurantes e cortantes) com pequena variação no tipo e na proporção dos constituintes. Os setores (Pto29) e (Pto9) apresentaram comportamentos similares ao descrito para o setor (Pto2), com suas composições particulares, mas regulares quanto à proporção e tipos de constituintes encontrados nos resíduos. Com base nos resultados obtidos e observações da sistemática de geração dos resíduos nos locais de sua geração, os setores, cujos RSSI apresentaram as menores variações dos tipos e constituintes da composição foram aqueles também, que apresentaram os menores valores de DM na determinação da densidade aparente.

Os resíduos do setor (Pto20), maior valor de DM , são segregados em três tipos de contêineres: saco leitoso, frascos plásticos de 5 L e caixas rígidas de papelão (para perfurantes e cortantes). Foi observado durante a investigação que as caixas rígidas de papelão e os frascos plásticos são descartados somente quando estão com seus volumes preenchidos (alterando significativamente a composição diária dos resíduos gerados nesse local), Assim, coletavam-se os RSSI descartados somente no saco leitoso (regularmente descartado em todos os horários de coleta) em uma determinada amostragem e em outra eram coletados os resíduos descartados no saco leitoso, frasco plástico ou a caixa rígida de papelão. Este fato foi observado em todos os setores que, conforme as Figura 4.7 e 4.8, apresentaram valores significativos de DM em relação ao parâmetro estudado.

A composição dos RSSI se constitui em uma mistura heterogênea de materiais, a partir da qual os constituintes individuais da composição, com suas massas específicas

individuais, conferem ao resíduo sua densidade aparente final, se tais constituintes variarem (em proporção e tipo) haverá certamente uma variação da densidade aparente dos resíduos. Tal fato foi observado na geração dos resíduos e com reflexos nos resultados obtidos na determinação desse parâmetro.

4.2.3. Resultados da caracterização física dos RSSI

A amostragem foi realizada no período abril - maio/2002. Foram investigados 25 setores, conforme o Quadro 4.2 (código de identificação de setores de geração).

Os setores de geração não investigados foram: os do subsistema (V) e o setor (Pto11), Quadro 4.2, pelos mesmos motivos já explicados (item 4.2.2) e os setores (Pto4), (Pto12) e (Pto15), por dificuldades de manuseio ou grau de contaminação elevado dos resíduos. Nos setores (Pto12 e Pt4) o tamanho e a forma dos resíduos impossibilitaram a trituração dos mesmos. No setor (Pto15), onde são manipulados medicamentos quimioterápicos, quantidades residuais desses medicamentos, contidos dentro de seringas e frascos encontravam-se presentes nos resíduos. A manipulação desses resíduos durante a preparação das amostras liberaria tais substâncias que poderiam causar intoxicações graves.

Na Tabela 4.5 são mostrados os resultados da análise física aproximada de RSSI dos setores de geração, estudos que incluiu as seguintes determinações: conteúdo de umidade (U_{bs}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas (*cinzas*) bem como, seus respectivos desvios médios (DM). Nas Figuras 4.9 a 4.16, mostra-se à representação gráfica dos resultados.

Os parâmetros físicos (U_{bu} , SV e *cinzas*) a partir dos RSSI dos setores (Pto1), (Pto6), (Pto8), (Pto9), (Pto10), (Pto23) e (Pto27) foram estimados por balanço de massa dos constituintes da composição desses RSSI. Dificuldades de manuseio dos RSSI, devido ao elevado potencial de contaminação dos mesmos, inviabilizaram a preparação das amostras de determinados tipos de resíduos gerados nesses setores, conforme metodologia aplicada aos demais setores. Os setores citados descartam, principalmente bolsas de sangue e hemoderivados derivados (contaminados ou vencidos) ou flaconetes de amostras de sangue (tubos de amostra de sangue) de origem diversa: doadores voluntários, pacientes, entre outros.

Assim, nesses setores procedeu-se da seguinte maneira: inicialmente, os resíduos eram separados por tipo de contêiner, pesava-se todos os contêineres. Os RSSI segregados nos sacos leitosos e caixas de perfuro cortantes eram homogeneizados, triturados e analisados conforme a metodologia proposta para este trabalho (itens 3.2.2.3, 3.2.2.4 e 3.2.2.5). Os resíduos segregados em caixas rígidas de papelão de 60 L (Pto1) e frascos plásticos de 5 L, contendo só líquido ou flaconetes de amostras de sangue, dos demais setores (Pto6), (Pto8), (Pto9), (Pto10), (Pto23) e (Pto27) foram investigados da seguinte maneira.

As caixas rígidas de papelão de 60 L do setor (Pto1) utilizadas para segregar bolsas de sangue e hemoderivados eram abertas e todos os constituintes contados e pesados individualmente. Materiais similares aos segregados nas caixas (bolsas para coleta de sangue, filtros vazios, entre outros, limpos e secos) eram pesados, por diferença determinava-se a massa de sangue e hemoderivados. Posteriormente, esses materiais eram triturados e submetidos à análise no laboratório. As determinações do (U_{bu}), (SV) e cinzas de amostras de sangue foram obtidas, a partir de análises realizadas em bolsas de sangue, com sorologia negativa doadas pelo estabelecimento de saúde.

Nos frascos plásticos, dependendo do setor, estes eram utilizados para segregar líquidos ou flaconetes de amostras de sangue: os setores (Pto8) e (Pto23) segregam líquidos ou flaconetes; os setores (Pto9) e (Pto10) segregam somente flaconetes, os setores (Pto6) e (Pto27) segregam flaconetes misturados com líquido. Os contêineres de cada um desses setores eram abertos e todos os seus constituintes (inclusive o contêiner) eram separados, contados e pesados por tipo de material (vidro, plástico, tamanho, contendo sangue sem soro, sangue líquido, soro de sangue, etc.). Materiais similares aos encontrados nos resíduos como os diversos tipos de flaconetes (vidro ou plástico), bem como, o contêiner limpo e seco eram pesados (por diferença obtinha-se a massa de sangue ou outro líquido contido nos recipientes, flaconetes e contêiner). Posteriormente esses materiais eram triturados e analisados no laboratório. A determinação da (U_{bu}), (SV) e cinzas de sangue sem soro, soro de sangue, foram obtidas a partir da análise de cerca de 300, flaconetes de amostras de sangue, que apresentaram testes sorológicos negativos para (HIV, Sífilis, hepatite C, entre outros) separados por um dos técnicos do setor (Pto9), setor de testes sorológicos de sangue.

A partir das informações necessárias para o balanço de massa, estas obtidas como descrito anteriormente, os parâmetros físicos (U_{bu} , SV e cinzas) foram estimados para os RSSI dos setores supracitados.

Tabela 4.5: Análise física aproximada de RSSI.

Setor de Geração	U_{bu} (%)		SV (%)		Cinzas (%)	
	M	DM	M	DM	M	DM
Pto1*	76	5	23	5	0,04	0,0
Pto2	16	3	78	2	5	1
Pto3	24	5	66	5	8	3
Pto5	26	3	67	2	5	1
Pto6*	64	9	17	3	17	11
Pto7	0,3	0,1	24	3	74	3
Pto8*	49	27	49	28	0,5	0,3
Pto9*	28	2	68	1	2,0	1
Pto10*	15	8	73	14	11	9
Pto13	24	11	55	9	19	12
Pto14	27	13	63	10	9	9
Pto16	23	5	67	3	9	5
Pto17	11	6	86	6	2	0,2
Pto18	12	1	80	2	6	2
Pto19	28	15	68	13	3	2
Pto20	37	38	56	34	6	4
Pto21	11	4	84	2	4	2
Pto22	32	6	63	2	5	5
Pto23*	69	13	29	13	1	0,2
Pto24	14	6	81	7	3	3
Pto25	44	27	54	27	2	1
Pto26	24	18	72	18	3	1
Pto27*	13	8	72	22	14	14
Pto28	10	5	82	2	8	6
Pto29	18	5	77	7	3	2

M = Média; DM (Desvio Médio).

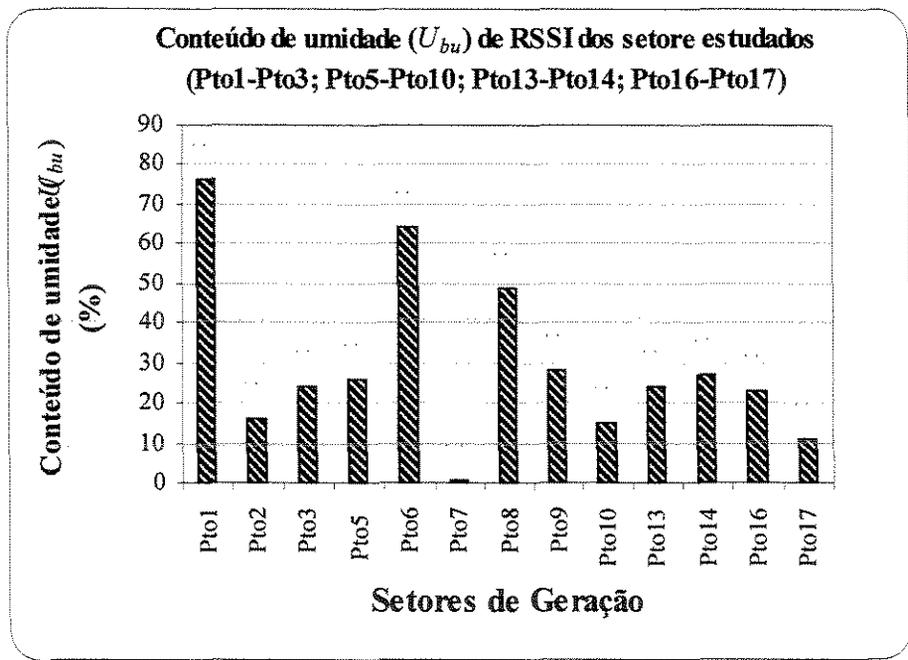


Figura 4.9: Valores médios do conteúdo de umidade de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13, Pto14, Pto16-Pto17).

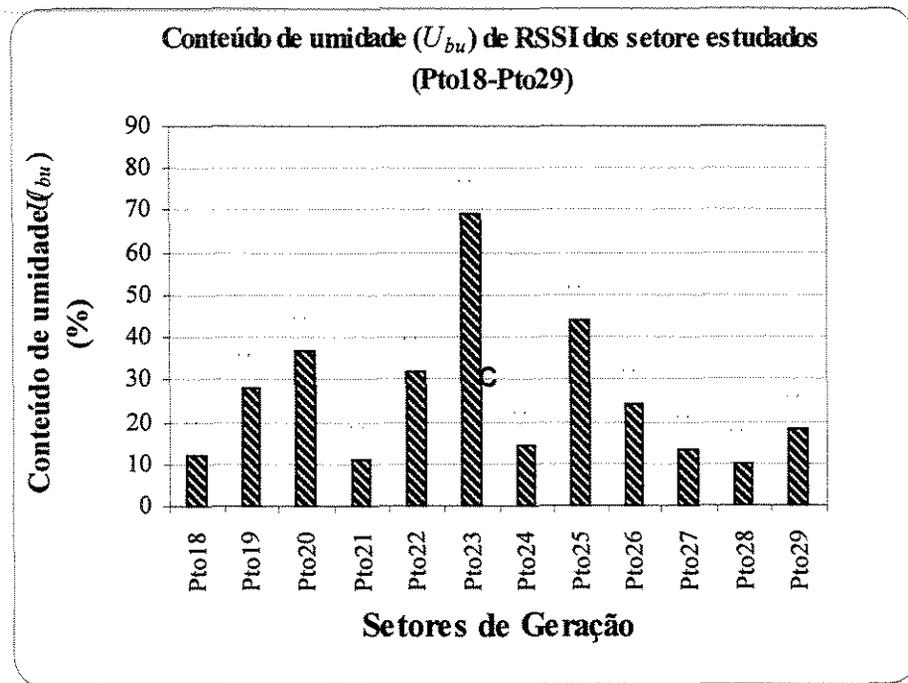


Figura 4.10: Valores médios da determinação do conteúdo de umidade de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto18-Pto29).

Os resultados para cada um dos parâmetros: conteúdo de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas (*cinzas*) são mostrados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6: Valores médios determinados para os parâmetros físicos, conteúdo de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas (*cinzas*).

Parâmetro	Valor Médio	No. de amostras	No. de setores avaliados	Desvio padrão (s_p) ^a	Erro padrão (s_M)
Conteúdo de umidade (U_{bu})	28 %	74	25	18	3
Teor de Sólidos Voláteis (SV)	62%	74	25	18	3
Teor de Cinzas (<i>cinzas</i>)	9%	74	25	7	2

a: Estimativa do Desvio padrão "Pooled" (WERNIMONT, 1985).

Conforme os resultados mostrados na Tabela 4.6, os valores individuais dos setores estudados apresentaram significativa dispersão, indicada pelos altos valores do desvio padrão, que representa a variabilidade dos valores das determinações dos parâmetros entre os setores estudados. Os baixos valores obtidos para o erro padrão (desvio padrão da média) mostram que as incertezas no cálculo do valor médio de cada parâmetro foram significativamente reduzidas, em virtude do número de amostras analisadas. Os resultados foram satisfatórios, pois a variabilidade dos parâmetros estudados pode ser associada à variação da composição dos resíduos, a qual depende das atividades de cada setor do estabelecimento, característica inerente dos RSS, de acordo com a WHO (1990).

Ressalta-se que os valores médios das determinações dos parâmetros físicos, apresentados na Tabela 4.6, são os valores, normalmente apresentados como resultado da análise física aproximada do RSS de um estabelecimento de saúde, conforme a literatura (LIBERTI *et al.*, 1994).

Com relação aos setores do estabelecimento estudado, o setor que apresentou o maior valor médio na determinação do conteúdo de umidade (U_{bu}) foi o setor (Pto1) igual a 76 %. O resultado pode ser considerado satisfatório, pois o setor (Pto1), apontado nesta pesquisa (Tabela 4.2) como o maior gerador de RSSI do estabelecimento (produção diária) é um setor onde ocorre diariamente o descarte de uma grande quantidade de bolsas de sangue e hemoderivados. Ressalta-se que os demais resultados obtidos para os setores

analisados também foram coerentes com as atividades desenvolvidas nos locais de geração dos resíduos, observadas durante a investigação.

Nas Figuras 4.11 e 4.12, pode ser observado que os setores de geração investigados apresentaram valores médios individuais, significativamente elevados na determinação do teor de sólidos voláteis dos RSSI. Contudo, o valor médio igual a $SV = 62\%$, que representa a média dos setores estudados é comparável ao valor $SV = 58\%$, obtido por (LI e JENQ, 1993) para uma mistura de RSS (RSSI mais resíduos da cozinha) proveniente de hospitais.

Segundo (LI e JENQ, 1993) valores elevados de sólidos voláteis nos RSS indicam a presença de quantidades significativas de materiais combustíveis (plástico, papel, papelão, têxteis, madeira, couro e borracha, entre outros). Conforme, os resultados obtidos para a composição do RSSI, constituída de cerca de 63% (plástico, papel/papelão, látex e têxteis) materiais considerados combustíveis e ainda um elevado percentual de matéria orgânica, cerca de 19% de sangue, o resultado obtido na determinação do teor médio de sólidos voláteis dos RSSI, pode ser considerado satisfatório.

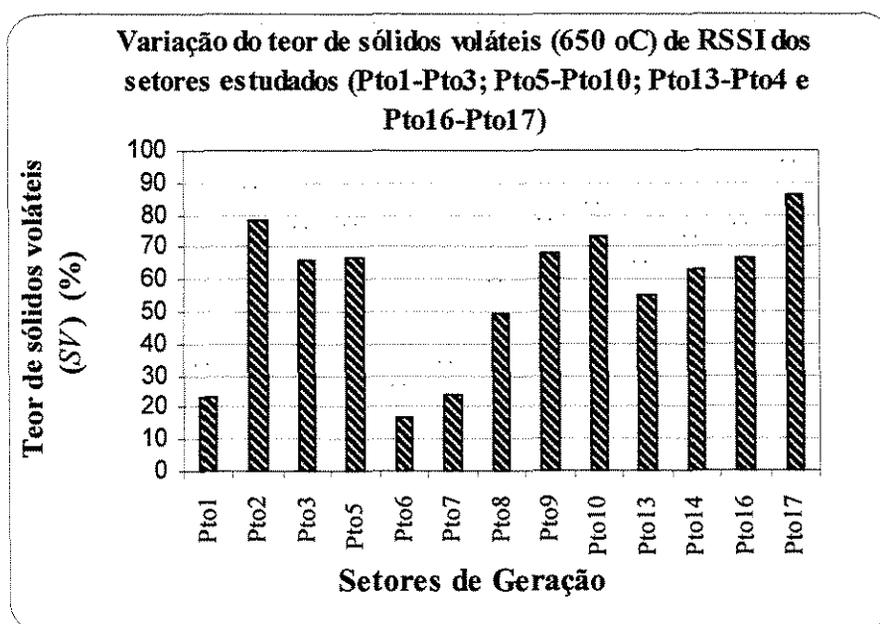


Figura 4.11: Valores médios da determinação do teor de sólidos voláteis de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13-Pto14, Pto16-Pto17).

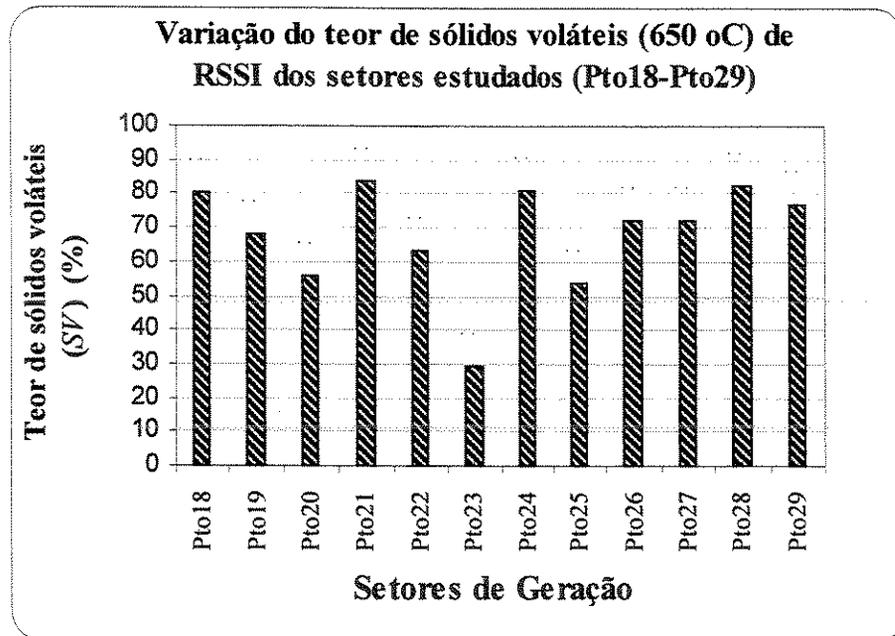


Figura 4.12: Valores médios da determinação do teor de sólidos voláteis de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto18-Pto29).

De acordo com as Figuras 4.13 e 4.14, os maiores valores médios (três repetições) obtidos na determinação do teor de cinzas foram determinados para os seguintes setores de geração: setor (Pto7) cinzas = 74 %, setor (Pto6), setor (Pto13) cinzas = 19%, cinzas = 17 % e setor (Pto27) cinzas = 14% e. Estes resultados podem ser considerados satisfatórios, com relação às atividades desenvolvidas nesses locais, pois são setores, nos quais quantidades significativas de metal e principalmente de vidro foram encontrados na composição dos RSSI, constituintes que podem conferir resíduos fixos à amostra.

Os valores obtidos para os setores (Pto13), (Pto6) e (Pto27) podem ser comparáveis ao valor de teor de cinzas igual a 15,42% (550 °C) determinado a partir de RSSI proveniente de hospitais, citado na literatura por LIBERTI *et al.* (1994). O valor obtido para o setor (Pto7) igual a 74% pode ser explicado pelas atividades desenvolvidas nesse setor. Este setor é o responsável pela esterilização de todos os utensílios e materiais utilizados no estabelecimento de saúde e segrega como resíduo infectante, quase que exclusivamente, materiais de vidros quebrados e em menores quantidades materiais plásticos, os quais são acondicionados em caixas rígidas de perfurantes e cortantes.

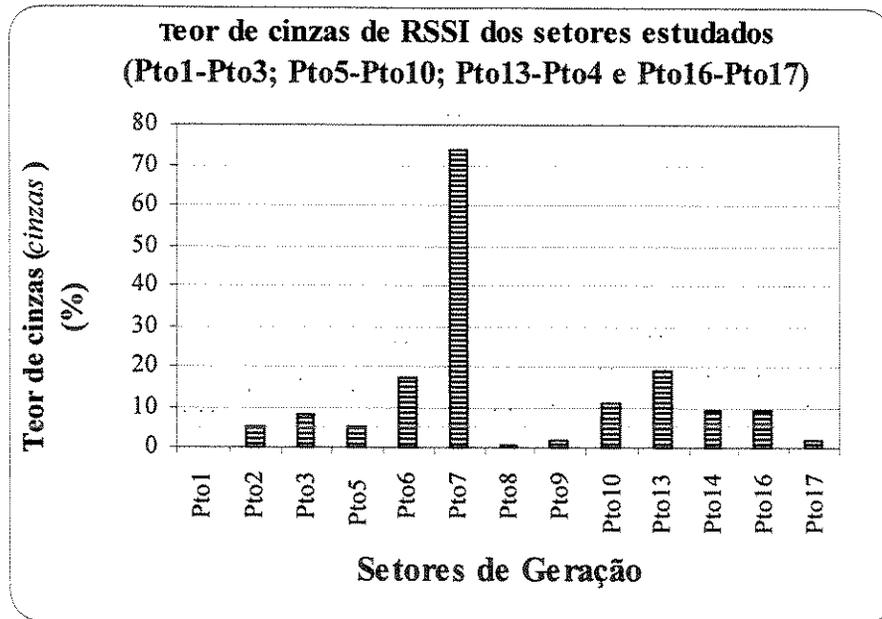


Figura 4.13: Valores médios da determinação do teor de cinzas de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13-Pto14, Pto16-Pto17).

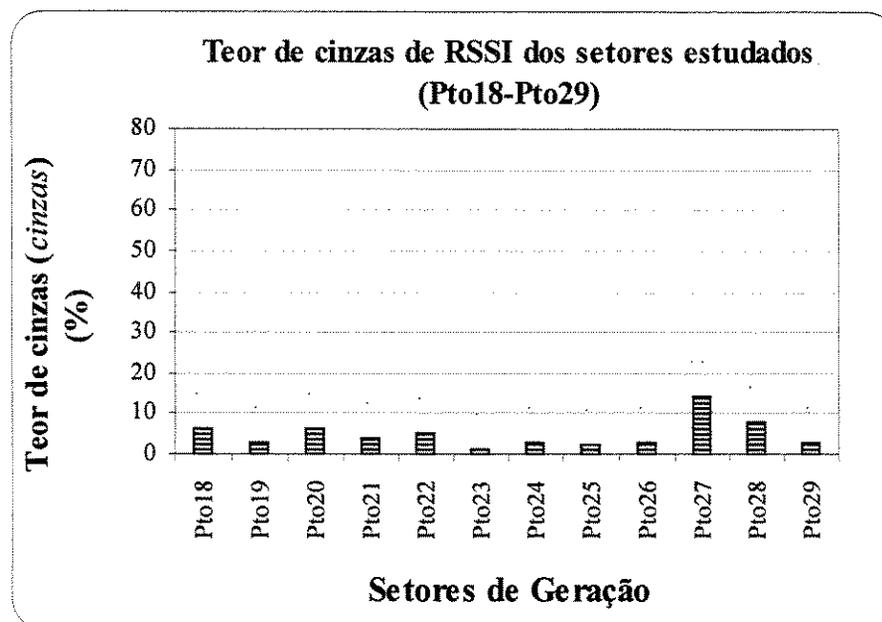


Figura 4.14: Valores médios da determinação do teor de cinzas de RSSI dos setores de geração do estabelecimento de saúde (Pto18-Pto29).

Para o setor de geração (Pto1) obteve-se o menor valor médio de teor de cinzas, igual a 0,04%. Contudo, proporcionalmente foi o setor que apresentou o maior conteúdo de umidade (74%). Na composição do RSSI desse setor não foi encontrado nenhum tipo de material que pudesse conferir resíduo fixo, como metal e vidro. A composição do RSSI desse setor era constituída, principalmente por plásticos, sangue e hemoderivados, têxteis, látex e papel, todos considerados materiais combustíveis segundo (LI e JENQ, 1993), cuja ignição não resulta em resíduo fixo. Dessa forma os tipos de constituintes presentes na composição dos resíduos desse setor influenciaram o resultado obtido.

As Figuras 4.15 e 4.16 mostram os desvios médios obtidos para a determinação de cada um dos parâmetros físicos: conteúdo de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas (*cinzas*).

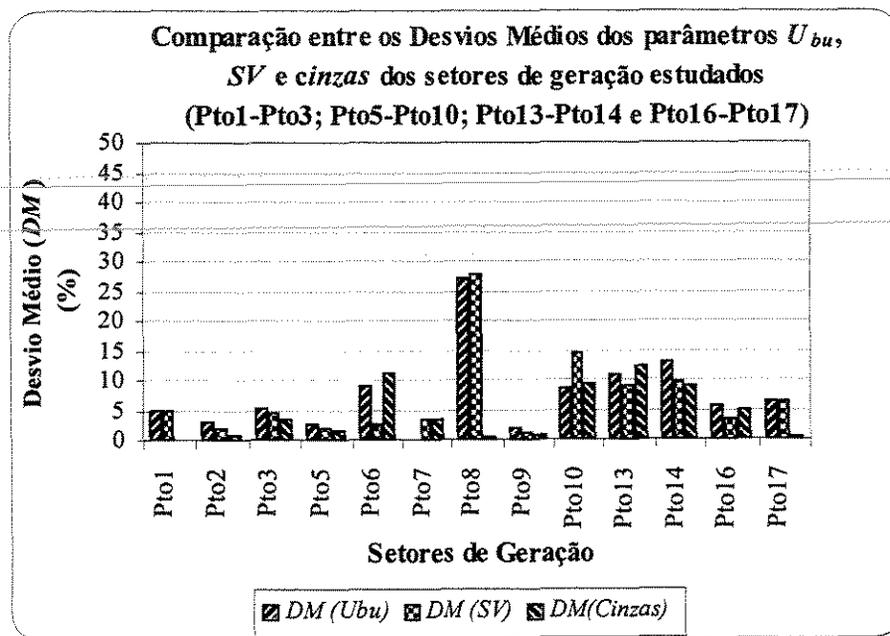


Figura 4.15: Comparação dos Desvios Médios dos parâmetros físicos: teor de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas de RSSI (Pto1-Pto3, Pto5-Pto10, Pto13-Pto14, Pto16-Pto17).

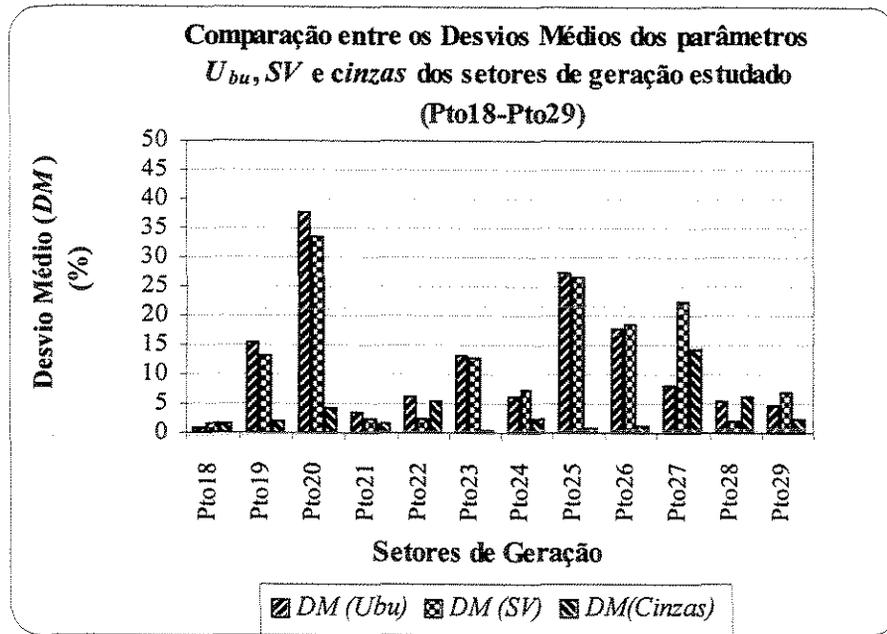


Figura 4.16: Comparação dos desvios médios dos parâmetros: conteúdo de umidade (U_{bu}), teor de sólidos voláteis (SV) e teor de cinzas ($cinzas$) de RSSI (Pto18-Pto29).

A partir dos parâmetros estudados (U_{bu}), (SV) e ($cinzas$), conforme as Figuras 4.15 e 4.16, os maiores valores de DM foram obtidos para o setor (Pto20), com relação aos parâmetros (U_{bu}) e (SV). Resultado semelhante foi obtido na determinação da densidade aparente para esse mesmo setor, o maior valor de DM . Os resultados obtidos sugerem que este foi um dos setores do estabelecimento de saúde, onde ocorreu uma das mais significativas variações dos constituintes da composição dos resíduos, uma vez que os parâmetros físicos estudados neste trabalho foram claramente influenciados pela composição dos RSSI, evidenciado não somente pelos valores obtidos para esses parâmetros, mas também pela observação da sistemática de geração dos resíduos. Como exemplo, o maior valor de DM da determinação do teor de cinzas foi obtido para um setor de geração (Pto27) que não descarta regularmente (diariamente) um dos constituintes de seus resíduos, no caso vidro, o qual exerce influência significativa no valor do teor de cinzas.

Os setores de geração que apresentaram os maiores valores de desvio médio (DM), para os parâmetros investigados (U_{bu} , SV e $cinzas$), também foram aqueles que apresentaram variações significativas na geração de seus resíduos, com relação aos tipos e

proporções dos constituintes. Os resíduos dos setores (Pto2 e Pto9) podem ser citados, como exemplos, de RSSI bem comportados. É importante ressaltar, que resultados desses parâmetros obtidos a partir de uma investigação isolada, sem o conhecimento prévio da sistemática de geração dos resíduos, incluindo-se a determinação da composição, podem ser mais difíceis de serem avaliados.

4.2.4. Resultados da caracterização microbiológica dos RSSI

Nas Tabelas 4.7 e 4.8 são mostrados os resultados obtidos a partir da investigação microbiológica dos RSSI.

Tabela 4.7: Frequência de espécies de microorganismos identificados nas amostras de RSSI analisadas.

Espécie de microorganismo	Pto2	Pto3	Pto13	Pto18
Bolores	1/5	3/5	2/5	1/5
Leveduras	Ausente	1/5	1/5	Ausente
Bactérias Heterotróficas	5/5	5/5	5/5	5/5
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente	Ausente	Ausente	1/5

Onde: o numerador indica o número de amostras, nas quais houve identificação positiva do microorganismo e o denominador o número de amostras analisadas para cada setor de geração estudado.

Tabela 4.8: Concentrações médias (UFC/100g RSSI) de microorganismos identificados nas amostras de RSSI: 1^a e 2^a etapas.

Espécie de microorganismo	(UFC/100g RSSI)			
	Pto2	Pto3	Pto13	Pto18
Bolores	$1,25 \times 10^1$	$6,80 \times 10^2$	$8,20 \times 10^1$	$1,21 \times 10^4$
Leveduras	ausente	$1,20 \times 10^4$	$3,60 \times 10^1$	Ausente
Bactérias Heterotróficas	$2,96 \times 10^2$	$1,83 \times 10^4$	$2,38 \times 10^2$	$1,11 \times 10^3$
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausente	Ausente	Ausente	$1,00 \times 10^0$

Conforme os dados mostrados na Tabela 4.7, os microorganismos mais frequentes nas amostras de RSSI estudadas, segundo as espécies propostas neste trabalho, foram respectivamente: bactérias heterotróficas (identificadas em todas as amostras), bolores (identificados em todos os setores estudados) e leveduras (dois setores). Dos microorganismos empregados como indicadores de contaminação somente *Staphylococcus aureus* foi identificado em apenas uma amostra do setor (Pto18).

O fato das amostras de RSSI apresentarem resultados negativos para o microorganismo *Staphylococcus aureus*, na maioria das determinações realizadas foi inesperado, pois tal bactéria havia sido isolada a partir de RSSI provenientes de setores hospitalares, similares aos estudados (NODA e RÉGO, 1993; RISSO, 1993 e MATTOSO, 1996). Em pesquisa realizada por SILVA (1993), *Escherichia coli* foi isolada a partir de amostras de resíduos provenientes de UTI e *Pseudomonas aeruginosa* a partir de resíduos de enfermaria, pronto socorro e UTI.

Os resultados negativos obtidos para os microorganismos indicadores de contaminação investigados, podem ser atribuídos à presença de desinfetantes, soluções sépticas e medicamentos nos RSSI dos setores estudados. Nesses locais observou-se uma segregação de resíduos, bem estabelecida, com relação à classificação dos tipos de resíduos e seu descarte em contêineres apropriados.

Conforme os resultados mostrados na Tabela 4.8, quantitativamente os setores (Pto3) e (Pto2) apresentaram, respectivamente o maior e o menor número de microorganismos. Ressalta-se, que na implementação da 2ª fase - semeadura após incubação, houve o isolamento de *Staphylococcus aureus* (1 UFC/100g) em uma das amostras provenientes do setor (Pto18).

Os resultados desta investigação microbiológica não são conclusivos sobre o grau de contaminação das amostras de RSSI dos setores estudados, uma vez que um estudo mais detalhado das espécies de microorganismos pesquisados neste trabalho seria necessário com a finalidade de identificar os gêneros desses microorganismos que sejam relevantes para a transmissão de infecções no ambiente hospitalar, cuja abordagem não foi objetivo desta pesquisa.

detalhado das espécies de microorganismos pesquisados neste trabalho seria necessário com a finalidade de identificar os gêneros desses microorganismos que sejam relevantes para a transmissão de infecções no ambiente hospitalar, cuja abordagem não foi objetivo desta pesquisa.

Com relação aos microorganismos investigados, as amostras dos setores estudados, comparativamente apresentaram uma contagem total de microorganismos inferior aos resultados citados na literatura (SILVA, 1993; MATTOSO, 1996) para a investigação de setores similares aos investigados neste trabalho (serviços ambulatoriais). Estes resultados também foram inferiores aos resultados obtidos por FERREIRA (2000) a partir da mistura de RSSI de hospitais. Quanto aos microorganismos utilizados como indicadores de contaminação, esses não foram identificados na maioria das amostras.

A comparação entre os resultados obtidos neste trabalho e estudos realizados em estabelecimentos de saúde similares (banco de sangue), não foi possível devido à falta de dados disponíveis na literatura consultada. Porém, segundo BURCHINAL *apud* NABHAN (1986) em um estudo microbiológico realizado em RSS provenientes de um banco de sangue foi identificado o gênero *Bacillus* sp em uma proporção, de cerca de 80%.

4.3. AVALIAÇÃO DA SECAGEM COMO MÉTODO DE REDUÇÃO DE VOLUME E CARGA DE MICROORGANISMO A PARTIR DE RSS “tipo”.

4.3.1. Resultados do estudo da cinética de secagem de RSS “tipo”

4.3.1.1. resultado da determinação do conteúdo de umidade inicial das amostras de RSS “tipo” obtidas em laboratório.

Na Tabela 4.9 são mostrados os resultados da determinação do conteúdo de umidade inicial das amostras de RSS “tipo” preparadas em laboratório, utilizadas nesta etapa do trabalho. Os valores foram obtidos a partir da média entre três repetições para a amostra de cada ensaio, conforme metodologia citada no item 3.2.3.4. Os desvios relativos calculados, entre o valor teórico e o valor médio real das amostras, situou-se, para a maioria dos ensaios, em torno de 5%. O maior desvio relativo foi obtido para a amostra do ensaio (E3) igual a 9,1%.

Tabela 4.9: Resultados da determinação de conteúdos de umidade inicial das amostras de RSS “tipo” preparadas em laboratório.

Ordem dos Ensaios	Q_m (kg/min)	T (°C)	$X_{bs,0}$ (%) (Valor real)	$X_{bs,0}$ (%) (Valor teórico)	Desvio Relativo
E1	0,345	140	10,5	11	4,5
E3	0,471	140	12,0	11	9,1
E4	0,345	160	10,7	11	2,7
E9	0,471	160	11,3	11	2,7
E2	0,345	140	36,7	39	5,9
E12	0,471	140	38,1	39	2,3
E11	0,345	160	38,1	39	2,3
E10	0,471	160	37,8	39	3,1
E5	0,345	140	89,3	85	5,0
E7	0,471	140	89,0	85	3,5
E6	0,345	160	88,1	85	3,5
E8	0,471	160	83,0	85	2,5

4.3.1.2. *Análise da influência das variáveis de processo na taxa de secagem.*

Os resultados apresentados neste item são relativos a secagem do material no secador de bandejas (B1) e (B2), conforme Figura 3.1.

Nas Figuras 4.17 e 4.18 são mostradas as curvas da taxa de secagem, nas quais observa-se a influência da vazão do ar de secagem (à temperatura constante) na taxa de secagem de amostras de RSS “tipo” com conteúdo de umidade inicial aproximadamente igual $X_{bs,0} = 11\%$, conforme Tabela 4.9. Nas Figuras 4.19 e 4.20, mostra-se a influência da temperatura (à vazão constante) para amostras com o mesmo conteúdo de umidade inicial.

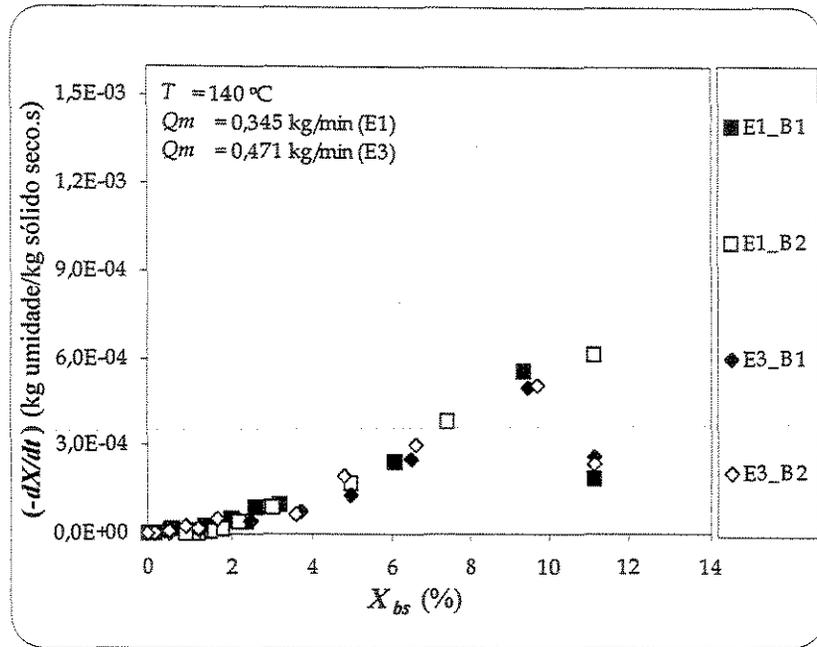


Figura 4.17: Curva da taxa de secagem para os ensaios E1 e E3 ($X_{bs,0} = 11\%$)

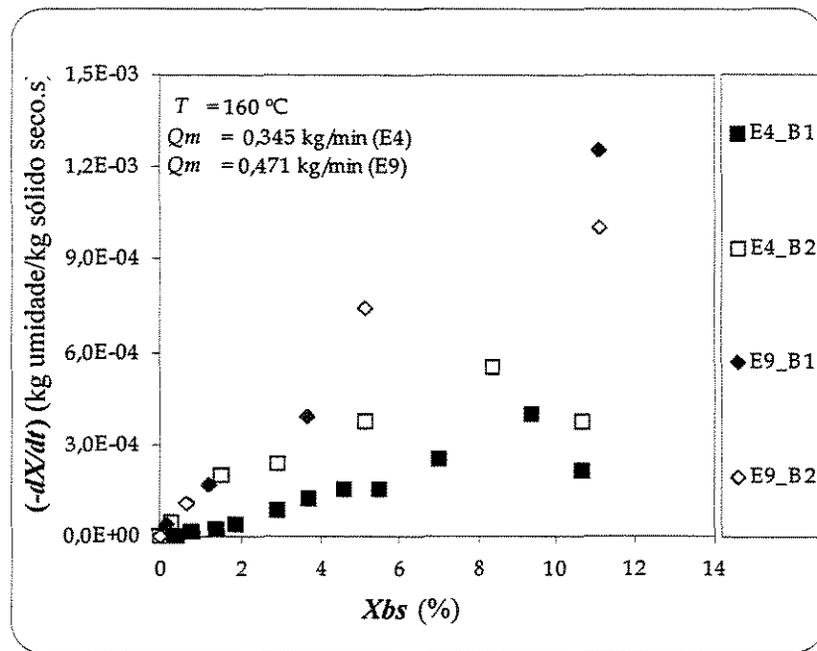


Figura 4.18: Curva da taxa de secagem para os ensaios E4 e E9 ($X_{bs,0} = 11\%$).

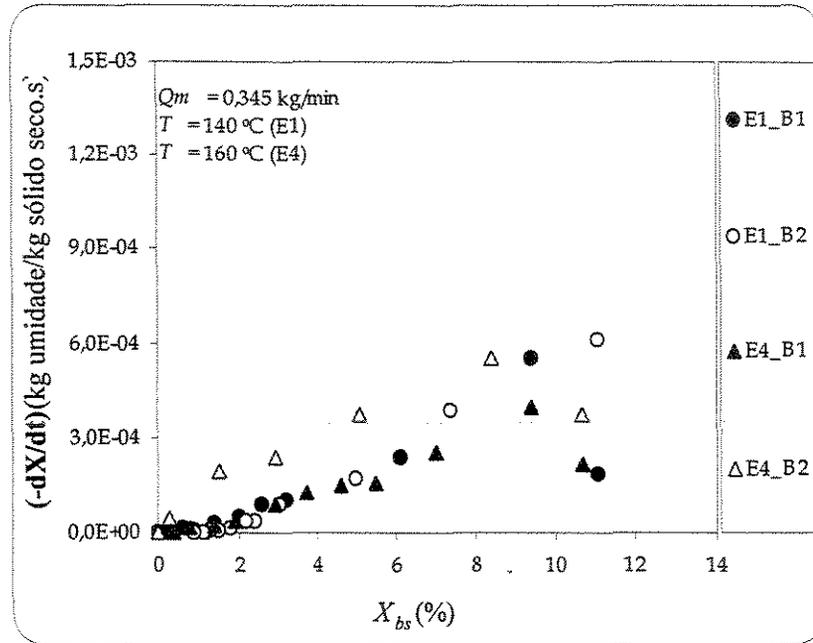


Figura 4.19: Curva da taxa de secagem para os ensaios E1 e E4 ($X_{bs,0} = 11\%$).

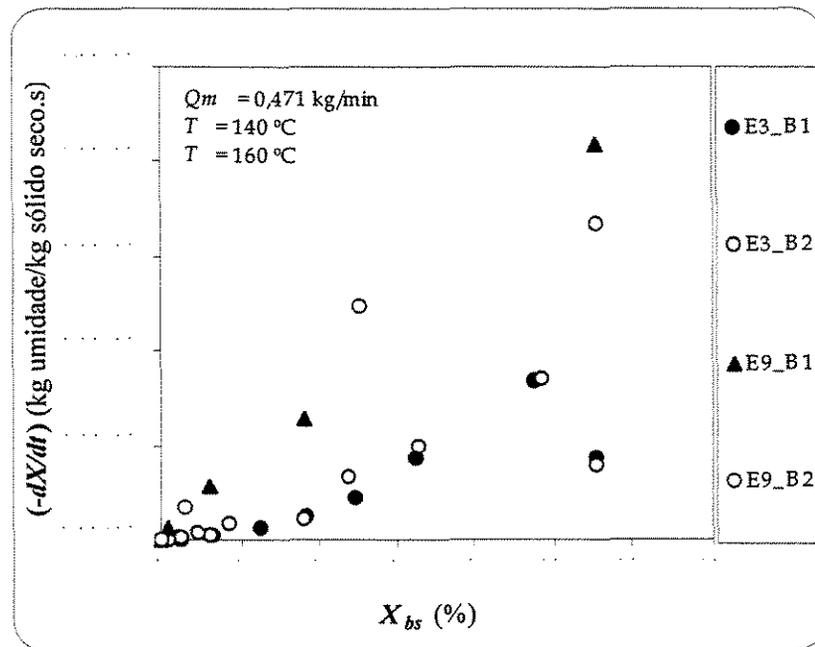


Figura 4.20: Curva da taxa de secagem para os ensaios E3 e E9 ($X_{bs,0} = 11\%$).

Na secagem do material com $X_{bs,0} = 11\%$ e nas bandejas (B1) e (B2) a secagem ocorreu no período de secagem à taxa decrescente, conforme mostram as Figuras 4.17 a 4.20.

Conforme a Figura 4.17, à temperatura de 140 °C, praticamente não houve variação da taxa de secagem com o aumento da vazão do ar de secagem. À temperatura 160 °C, Figura 4.18, observou-se um aumento significativo da taxa de secagem com o aumento da vazão do ar de secagem. De acordo com as Figuras 4.19 e 4.20, que mostram a influência da variação da temperatura na taxa de secagem, somente para o nível superior da variável vazão do ar de secagem foi verificado um aumento da taxa de secagem com o aumento da temperatura do ar de secagem.

Nas Figuras 4.21 e 4.22 são mostradas as curvas da taxa de secagem, nas quais observa-se a influência da vazão do ar de secagem (à temperatura constante) na secagem de amostras do RSS com conteúdo de umidade inicial aproximadamente igual a $X_{bs,0} = 39\%$. Nas Figuras 4.23 e 4.24 mostram-se a influência da temperatura (mantendo-se a vazão constante) para amostras com o mesmo conteúdo de umidade inicial.

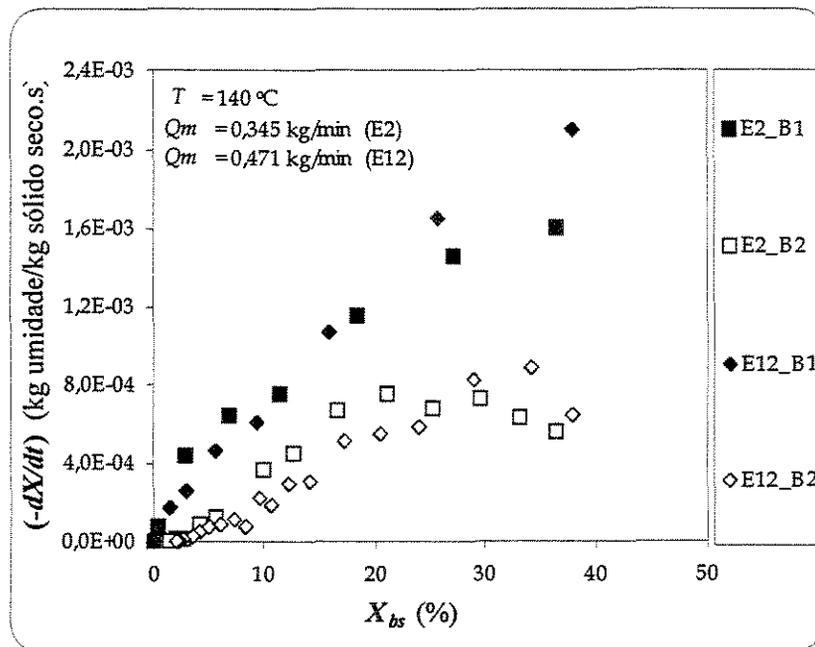


Figura 4.21: Curva da taxa de secagem para os ensaios E2 e E12 ($X_{bs,0} = 39\%$).

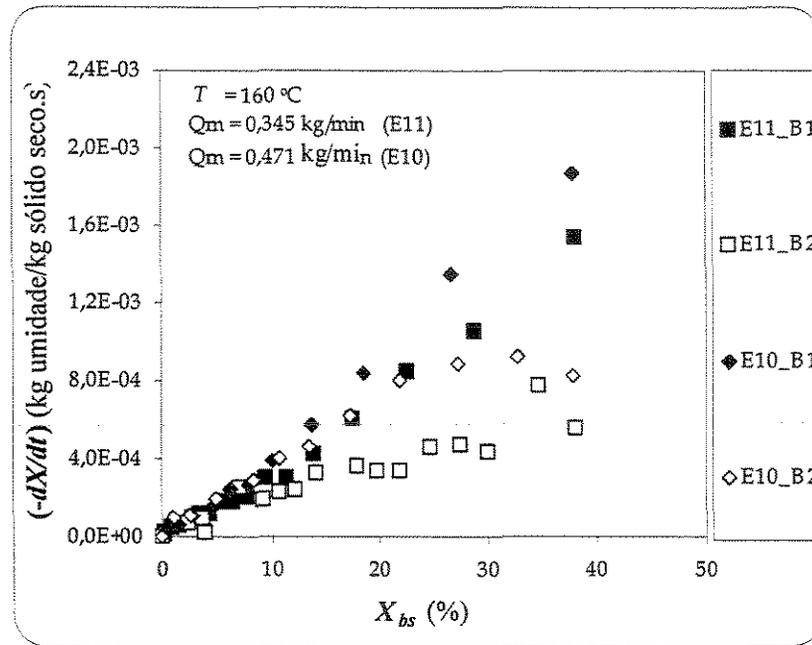


Figura 4.22: Curva da taxa de secagem para os ensaios E11 e E10 ($X_{bs,0} = 39\%$).

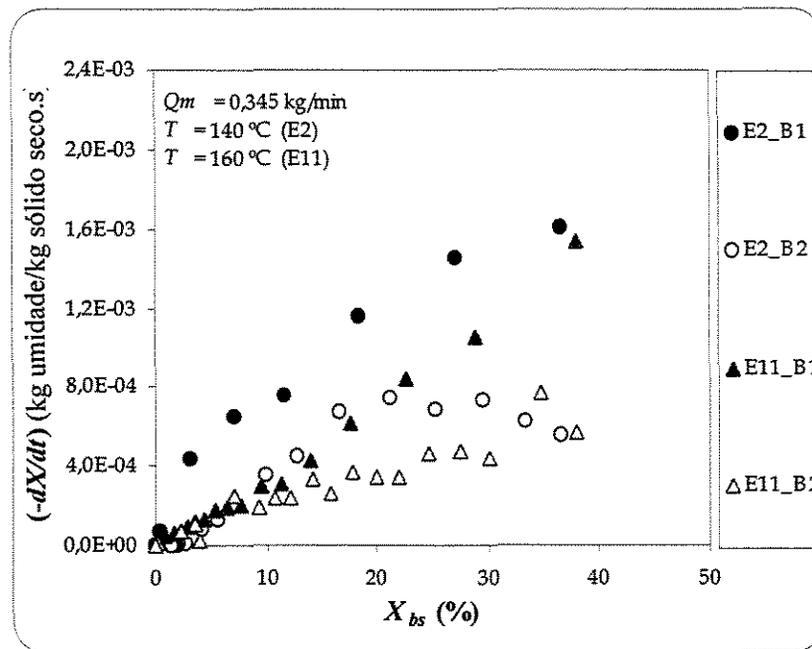


Figura 4.23: Curva da taxa de secagem para os ensaios E2 e E11 ($X_{bs,0} = 39\%$).

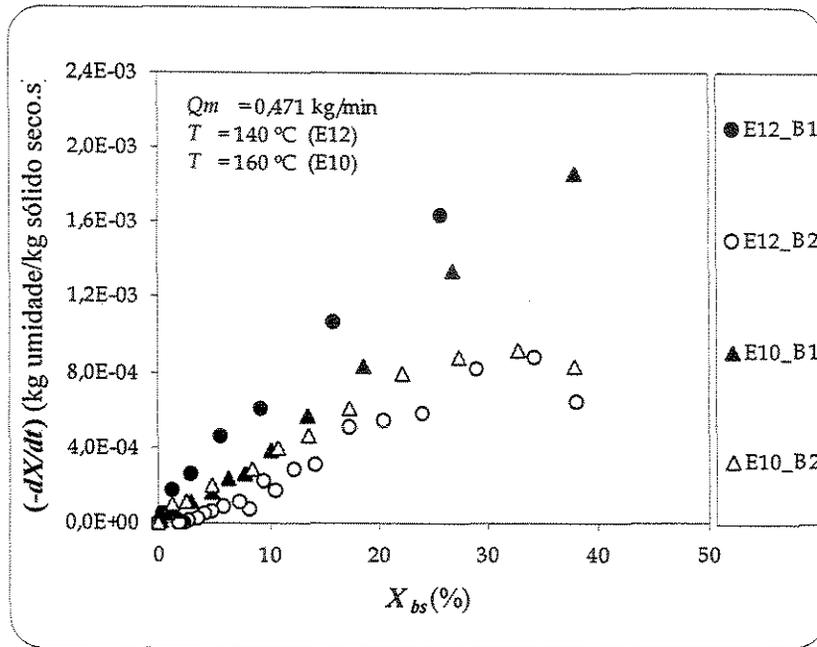


Figura 4.24: Curva da taxa de secagem para os ensaios E12 e E10 ($X_{bs,0} = 39\%$).

Nos ensaios com $X_{bs,0} = 39\%$, a secagem do material na bandeja B1, em todos os ensaios ocorreu no período de secagem decrescente. No entanto, para a secagem do material na bandeja B2 nos ensaios (E2) e (E11) houve o período de secagem à taxa constante, conforme pode ser observado nas curvas de temperatura mostradas no Apêndice 7 (Figuras A7.10 e A7.14). De acordo com as Figuras 4.21 a 4.24, observou-se um ligeiro aumento da taxa de secagem do material, nos dois níveis de temperatura estudados, com a variação da vazão do ar de secagem. Nas Figuras 4.23 e 4.24, que mostram a influência da temperatura à vazão constante, nos níveis da vazão do ar estudados, a temperatura não apresentou influência significativa na taxa de secagem.

As Figuras 4.25 e 4.26 mostram as curvas da taxa de secagem, nas quais pode ser observada a influência da vazão do ar de secagem (à temperatura constante) na secagem de amostras do RSS com conteúdo de umidade inicialmente aproximadamente igual a $X_{bs,0} = 85\%$. Nas Figuras 4.27 e 4.28, mostra-se a influência da temperatura (à vazão constante) para amostras com o mesmo conteúdo de umidade inicial.

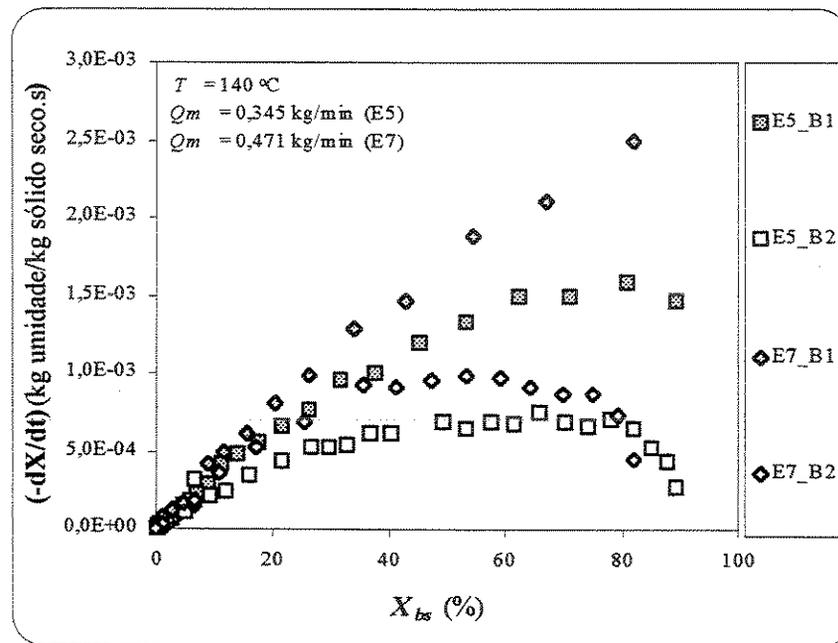


Figura 4.25: Curva da taxa de secagem para os ensaios E5 e E7 ($X_{bs,0} = 85\%$).

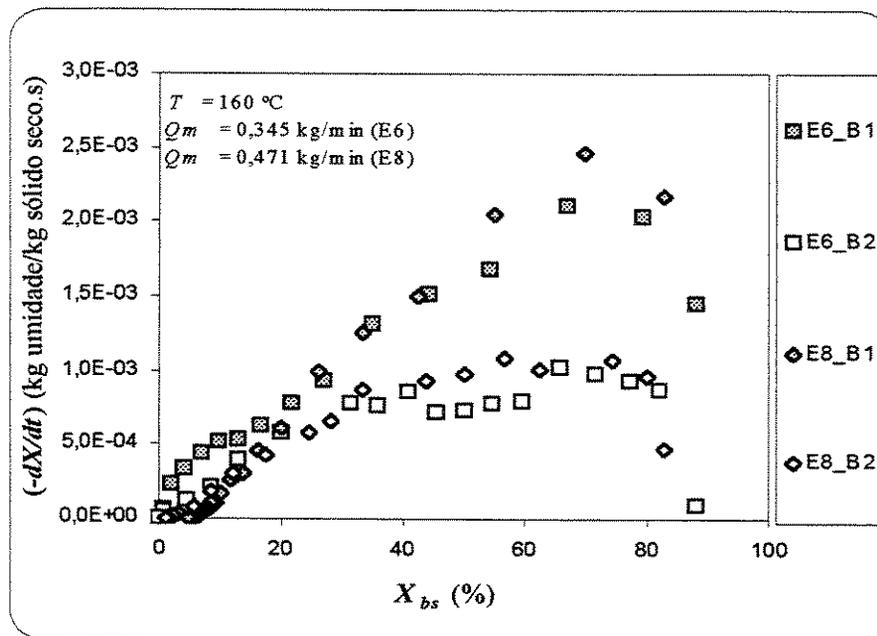


Figura 4.26: Curva da taxa de secagem para os ensaios E6 e E8 ($X_{bs,0} = 85\%$).

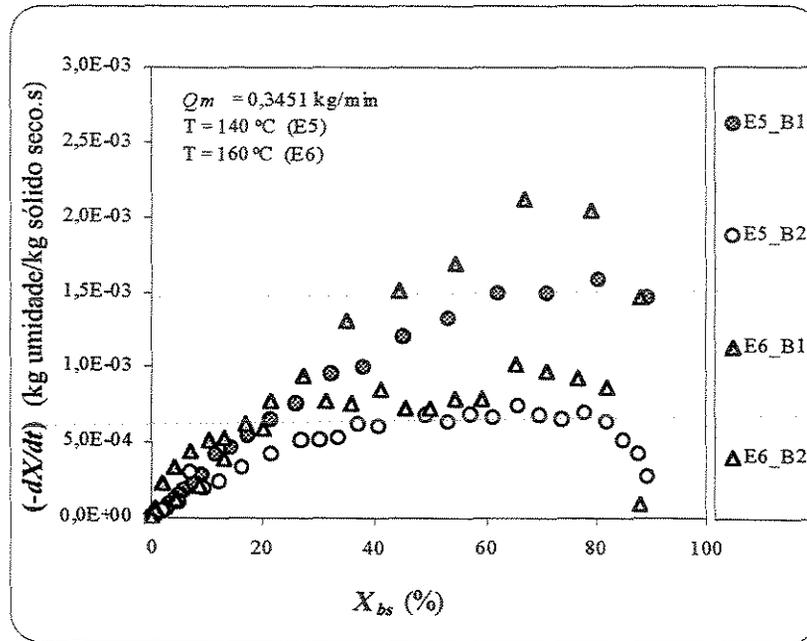


Figura 4.27: Curva da taxa de secagem para os ensaios E5 e E6 ($X_{bs,0} = 85\%$).

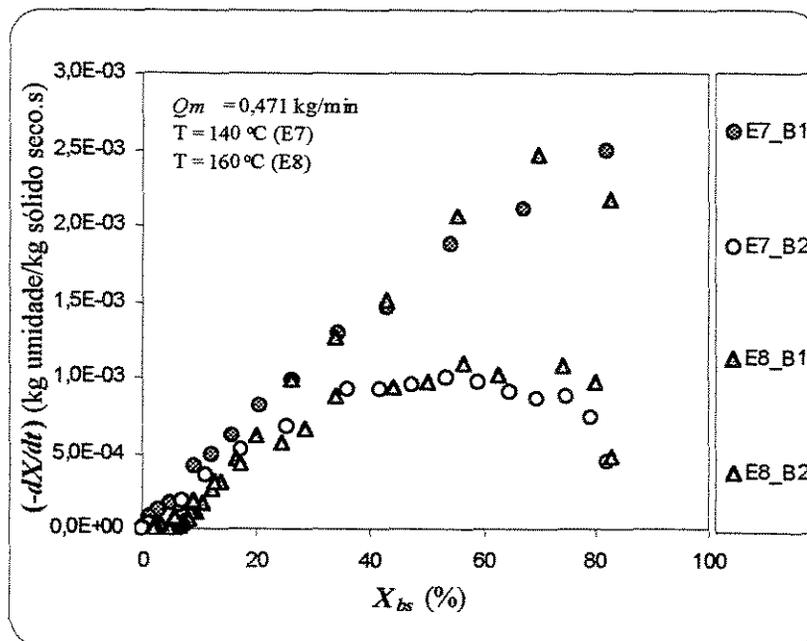


Figura 4.28: Curva da taxa de secagem para os ensaios E7 e E8 ($X_{bs,0} = 85\%$).

Observou-se nas Figuras 4.25 a 4.28, que a secagem do resíduo nas bandejas (B1) e (B2), nas condições do ensaio (E5) apresentou o período de secagem à taxa constante e período de secagem à taxa decrescente. A secagem do material, nas condições dos ensaios (E6, E7 e E8) e na bandeja (B1) ocorreu somente no período de secagem decrescente, no entanto, nesses ensaios a secagem do material na bandeja (B2) apresentou o período de secagem à taxa constante. O fator mais significativo nas condições desses ensaios foi o aumento do conteúdo de umidade inicial das amostras e o fato da secagem apresentar o período de secagem constante foi devido a uma maior quantidade de umidade superficial agregada ao material com conteúdo de umidade inicial elevado.

A taxa de secagem foi significativamente influenciada pelo aumento da vazão do ar de secagem à temperatura (140 °C), Figura 4.27, e de forma menos intensa à temperatura (160 °C), Figura 4.26. Na Figura 4.27 observou-se um aumento da taxa de secagem com o aumento da temperatura, para o nível mais baixo da variável vazão da secagem.

De acordo com o comportamento esperado para os processos de secagem, o mecanismo que governa a secagem no período à taxa constante é a convecção da água de superfície, portanto as condições externas do processo influenciam significativamente a taxa de secagem. Portanto, espera-se maior influência da velocidade do ar no período de secagem à taxa constante, o que foi observado nas Figuras 4.25 a 4.28. Para a secagem no período à taxa decrescente o processo é governado pelo mecanismo de difusão intrapartícula, sendo, portanto, fortemente influenciado pela temperatura de secagem. Esse comportamento foi observado na Figura 4.18.

O aumento do conteúdo de umidade inicial da amostra exerceu influência significativa na cinética de secagem da bandeja B2. Nos ensaios com ($X_{bs,0} = 39\%$ e $X_{bs,0} = 85\%$) as taxas de secagem caíram, praticamente pela metade, com relação às taxas de secagem na bandeja B1, tais efeitos ficaram evidentes nos perfis das taxas de secagem, Figuras 4.21 a 4.28. Esse comportamento, similar ao de um leito fixo espesso, demonstrou que o ar mais frio e mais úmido que deixa a bandeja B1 provocou significativas alterações do processo. A tabela 4.10 mostra um resumo dos valores de taxas de secagem máximas dos ensaios de secagem, os quais ratificam a influência do conteúdo de umidade inicial das

amostras na secagem do material na bandeja B2, nas condições estudadas, ou seja, redução do potencial da secagem da bandeja B2, com relação à bandeja B1, para os ensaios com maiores conteúdos de umidade inicial das amostras.

Em vista da proposta, deste trabalho, este foi um resultado significativo, em virtude da implementação da etapa de inativação microbiológica, pois, entre outras coisas o aquecimento mais lento da bandeja (B2), conforme mostram as curvas de temperatura apresentadas no Apêndice 7, deverá acarretar dificuldades na inativação do microorganismo, nessa bandeja, com relação à bandeja (B1).

Tabela 4.10: Resultados de taxas de secagem máximas obtidas no estudo da cinética de secagem de RSS “tipo”.

Nº do Ensaio	T (°C)	Q _m (kg/min)	X _{bs,0} (% bs)	(-dX/dt) _{máx.} (kg/kg/s)	
				B1	B2
E1	140	0,345	10,5	0,00057	0,00062
E4	160	0,345	12,0	0,00040	0,00055
E3	140	0,471	10,7	0,00050	0,00051
E9	160	0,471	11,3	0,00100	0,00100
E2	140	0,345	36,7	0,00160	0,00073
E11	160	0,345	38,1	0,00154	0,00077
E12	140	0,471	38,1	0,00209	0,00088
E10	160	0,471	37,8	0,00187	0,00093
E5	140	0,345	89,3	0,00158	0,00070
E6	160	0,345	89,0	0,00212	0,00098
E7	140	0,471	88,1	0,00250	0,00087
E8	160	0,471	83,0	0,00246	0,00098

Os perfis das curvas de secagem são importantes para o processo de inativação microbiológica, pois quanto maior o período de secagem do material à taxa constante, maior o tempo que a bandeja levará para atingir a temperatura de processo, a partir do qual o processo de inativação térmica do microorganismo torna-se mais efetivo. Além disso, o microorganismo pode se tornar mais resistente ao processo, devido à possibilidade de

adquirir umidade da massa de resíduo, conforme a literatura explica (PFLUG, 1991, SILVERMAN, 1968 *apud* PFLUG 1991, MURREL e SCOTT, 1996).

Deve-se levar em consideração no estudo da cinética de secagem do RSS “tipo” a complexidade de sua composição, constituída de inúmeros materiais, que apresentam isoladamente diferentes comportamentos durante a secagem. Além disso, o resíduo era constituído de sangue, um material biológico significativamente complexo.

Nesta etapa, observou-se também, a estabilidade dos constituintes da composição do RSS, com relação a sua resistência térmica. Esta verificação foi evidenciada pela liberação de odores devido à perda de sólidos voláteis dos materiais, mostrou que as melhores condições de processamento do material ocorreram nas combinações dos níveis mínimos das variáveis de processo ($T = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $Q_m = 0,345\text{ kg/min}$) e as piores condições foram para as combinações dos níveis máximos ($T = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $Q_m = 0,471\text{ kg/min}$). Resultados aceitáveis foram obtidos pelas combinações de níveis máximos e mínimos das variáveis de processo, destes o aumento da vazão do ar de secagem era menos propício ao processo. Condições similares foram verificadas para os três diferentes conteúdos de umidade inicial das amostras.

A partir deste estudo foi possível estabelecer condições importantes do processamento de RSS, não só com relação aos intervalos das variáveis de processo, operacionalidade do equipamento, mas também foi possível ter uma visão geral do processamento (material x secagem), pois apesar do material não apresentar propriedades importantes a serem preservadas, que são usuais, quando do emprego da secagem (estruturais, organolépticas, entre outras) ele também apresentou limitações quanto ao emprego de condições de secagem rigorosas devido à liberação de voláteis. Dentre os resultados mais significativos, obtidos nesta etapa, pode-se citar o comportamento cinético do material para os altos conteúdos de umidade inicial das amostras e o binômio (temperatura x tempo), importante para a implementação da etapa de inativação microbiológica.

4.3.2. Resultados da avaliação da secagem como método de redução do volume

4.3.2.1. Análise da influência das variáveis de processo no parâmetro encolhimento do volume.

Na Tabela 4.11, mostra-se a matriz de ensaios do planejamento fatorial, com os respectivos valores para o encolhimento do volume (V/V_0).

Tabela 4.11: Matriz de ensaios do planejamento fatorial, com os respectivos valores das variáveis independentes e resultados da variável resposta.

Ordem dos ensaios	Q_m (kg/min)	T (°C)	$X_{bs,0}$ (%)	$X_{bs,f}$ (%) B1	$X_{bs,f}$ (%) B2	(V/V_0) B1	(V/V_0) B2
E7	0,345	140	38,6	0,5	0,6	0,659	0,679
E2	0,471	140	38,5	0,6	0,6	0,689	0,692
E1	0,345	160	39,0	0,7	0,8	0,719	0,705
E5	0,471	160	38,5	0,6	0,6	0,638	0,667
E6	0,345	140	90,5	0,5	0,7	0,471	0,484
E3	0,471	140	90,1	0,6	0,9	0,488	0,490
E8	0,345	160	84,8	0,5	0,6	0,500	0,518
E4	0,471	160	84,2	0,6	0,6	0,503	0,502

Os resultados da verificação dos efeitos das variáveis independentes na variável resposta são mostrados nas Figuras 4.29 e 4.30, representações do Diagrama de Pareto de efeitos padronizados, para os ensaios realizados, respectivamente nas bandejas (B1) e (B2). Os resultados foram obtidos com 95% de confiança e probabilidade $p \leq 0,05$.

Para a secagem do material na bandeja (B1), com o nível de confiança e probabilidade empregados, conforme mostra a Figura 4.29 nenhuma das variáveis independentes, nos intervalos estudados, foram estatisticamente significativas para o encolhimento do volume. No entanto, para a secagem do material na bandeja (B2), Figura 4.30, a variável conteúdo de umidade inicial ($X_{bs,0}$) mostrou-se estatisticamente significativa para a variável resposta.

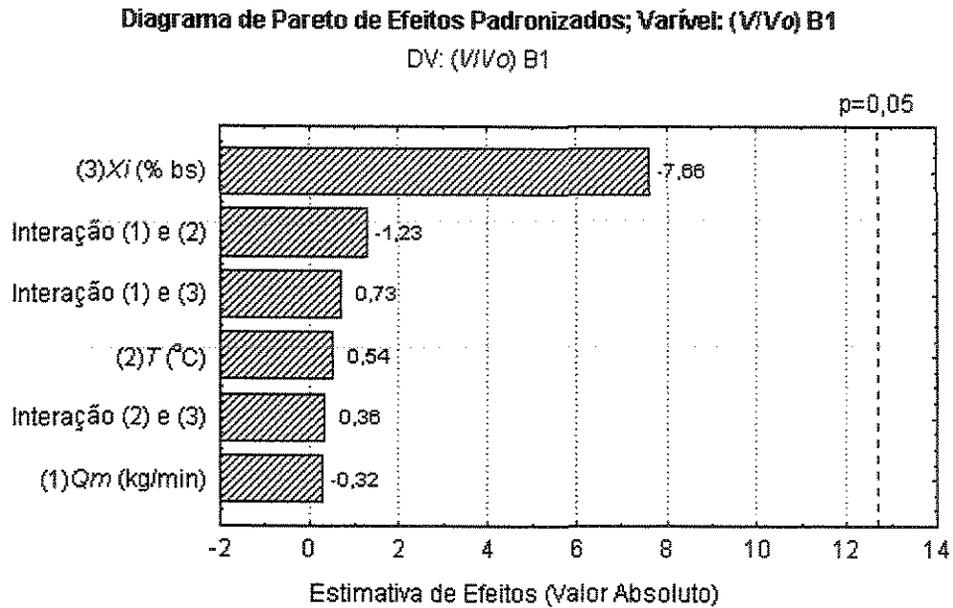


Figura 4.29: Diagrama de Pareto para os ensaios de secagem realizados na bandeja (B1).

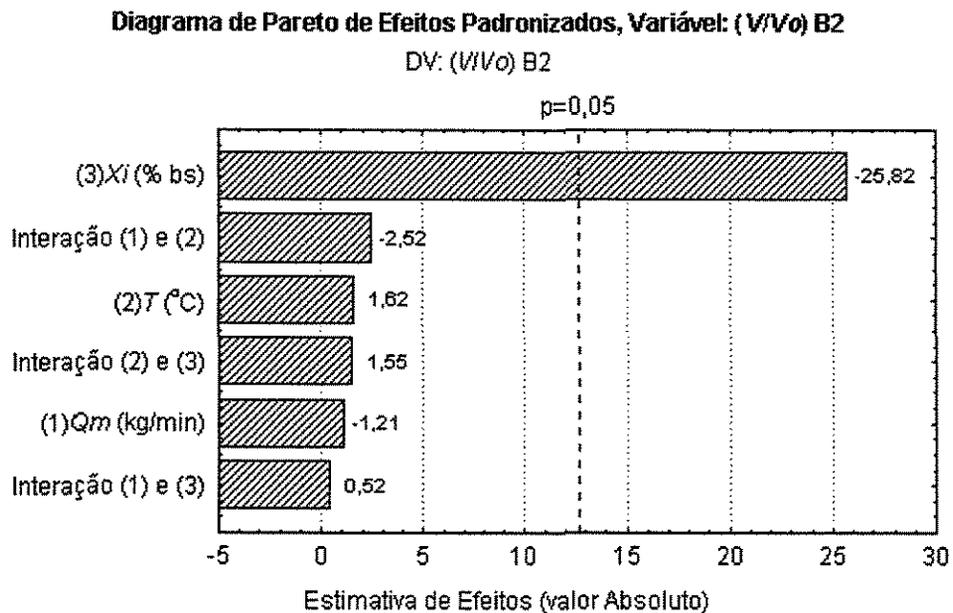


Figura 4.30: Diagrama de Pareto para os ensaios de secagem realizados na bandeja (B2).

Em virtude da não realização de ensaios em duplicata ou ensaios no ponto central para a verificação da extensão do erro experimental e reprodutibilidade dos resultados, os resultados estatísticos apresentados, Diagrama de Pareto de efeitos padronizados, têm a finalidade de mostrar a tendência das variáveis de processo na variável resposta. Assim, os efeitos negativos de $X_{bs,0}$ (conteúdo de umidade inicial) e Q_m (vazão do ar de secagem) indicam que a ação dessas variáveis seria na diminuição da relação V/V_0 (encolhimento do volume), logo aumentando o encolhimento e o efeito positivo da T (temperatura) indica ação no sentido do aumento da relação (V/V_0).

Para efeito de resultados deste trabalho, os valores obtidos para a variável encolhimento do volume foram muito próximos, para a secagem do material realizada nas bandejas B1 e B2, conforme a Tabela 4.11.

Os efeitos das variáveis, conteúdo de umidade, temperatura e vazão ou velocidade do ar de secagem no parâmetro encolhimento do volume foram investigados por alguns pesquisadores citados na literatura para frutas, carne, marisco, vegetais, entre outros. Apesar dos materiais estudados, até o presente momento, não apresentarem estrutura similar ao material investigado neste trabalho, comportamento semelhante quanto à influência das variáveis de processo foram encontrados. Assim, esses serão discutidos para fornecer uma idéia geral a respeito do comportamento do parâmetro encolhimento do volume.

A influência do conteúdo de umidade no encolhimento do volume durante a secagem foi pesquisada por OCHOA et al. (2002), MOREIRA et al. (2000), McMINN e MAGEE (1996), WANG e BRENNAN (1995) e RAHMAN e POTLURI (1990), os resultados obtidos mostraram que o encolhimento volumétrico pode ser correlacionado linearmente ao conteúdo de umidade do material.

GABAS (2002) estudou o encolhimento volumétrico de ameixas em quatro níveis de temperatura. O material apresentou um considerável encolhimento, porém a variável temperatura não apresentou influência significativa para o encolhimento. Os resultados obtidos por OCHOA et al (2002), a partir da secagem de cerejas mostraram que o encolhimento do volume e a perda de área do material analisado eram independentes das variáveis de processo, temperatura e velocidade do ar de secagem.

McMINN e MAGEE (1996) empregaram um secador de túnel para investigar a secagem de cilindros de batata. Mediante os resultados obtidos, eles concluíram que o encolhimento volumétrico das amostras sofreu ligeira influência da velocidade do ar de secagem (o encolhimento aumentou com o aumento da velocidade do ar), porém mostrou-se independente da temperatura, nas condições estudadas.

Os resultados mostrados sugerem que o encolhimento do volume durante a secagem está associado aos vários fatores, entre os quais, o tipo de material (propriedades do material) e as condições de secagem.

4.3.2.2. Análise da redução do volume de RSS “tipo”

O resultado da estimativa da redução do volume, na etapa de trituração foi em torno de 70%.

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 4.11, valores em torno de 50% de redução de volume foram obtidos para todos os ensaios com conteúdo de umidade inicial igual $X_{b,s,0} = 85\%$. Assim como, valores, em torno de 30% foram obtidos para a redução do volume do RSS para os ensaios com $X_{b,s,0} = 39\%$, sugerindo que a redução do volume, após a secagem é diretamente proporcional ao conteúdo de umidade inicial da amostra, quanto maior esta variável maior a redução do volume. MOREIRA *et al.* (2000), WANG e BRENNAN (1995), VAGENA e MARINOS-KOURIS (1991), BALABAN (1989), em suas investigações sobre encolhimento do volume durante a secagem, associaram o encolhimento do volume dos materiais estudados ao volume de água removida durante o processo de secagem.

Com relação à redução total do volume, para o processamento do RSS realizada neste trabalho, foi obtida uma percentagem em torno de 70%, na etapa de pré-tratamento (trituração) adicionada à redução de cerca de 30 a 50% após a secagem (dependendo do conteúdo inicial da amostra), resultados estes comparáveis às tecnologias de tratamento de RSS, conforme citado na literatura.

O processo químico-cloro-maceração (com trituração) reduz o volume, em cerca de 85% (MENOITA, 1999); o processo químico denominado Matrix (com trituração), em 80% (WHO, 1999); a tecnologia proposta pela companhia ScotSafe Ltd (Scotland) reduz o

volume em 80% por trituração e compactação (WHO, 1999); a tecnologia Meteka (microondas), com trituração, reduz o volume entre 50 – 70%; autoclavagem (sem trituração) reduz o volume em cerca de 30%, com trituração acima de 40% (SINETA, 1999).

4.3.3. Resultados da avaliação da secagem como método de inativação microbiológica (IM) (redução de carga microbiológica).

4.3.3.1. Resultados da verificação da viabilidade do microorganismo padrão, amostra em branco (controle positivo).

Conforme metodologia descrita no item 3.1.2.6 foram realizados ensaios preliminares para testar e adaptar a metodologia do fabricante para a análise de uma fita e análise simultânea de três fitas, contendo os esporos do microorganismo padrão. Além disso, esses ensaios foram importantes para a avaliação da viabilidade e a concentração do microorganismo certificada pelo fabricante do produto. Assim, foram realizados três ensaios denominados de controle positivo (ou branco), empregando-se fitas retiradas aleatoriamente do lote do produto comercial, distribuídos como segue: dois ensaios, cada um com três fitas e 1 ensaio com uma fita, empregando-se a metodologia de contagem em placa, em meio de cultura TSA.



Figura 4.31: Série de controle positivo para *B. subtilis*.

Para os dois ensaios com três fitas foram obtidos os seguintes resultados: $1,7 \times 10^6$ (esporos/fita) e $1,5 \times 10^6$ (esporos/fita). Para o ensaio com uma fita obteve-se uma concentração igual a $1,0 \times 10^6$ (esporos/fita). A Figura 4.31 mostra uma das séries de controle positivo, obtida em um dos ensaios.

4.3.3.2. Resultados da verificação da viabilidade do microorganismo padrão, após a secagem.

A técnica de contagem em placas empregando-se como meio de cultura *Trypticase Soy Agar* (TSA) se constitui em uma metodologia eficiente na recuperação do microorganismo estudado, mesmo que os esporos apresentem um certo grau de debilidade (injúria), pois este meio de cultura não só permite o crescimento, como também reabilita os microorganismos injuriados.

A Tabela 12 mostra resultados de testes de efetividade de tecnologias de tratamento de RSSI obtidos durante pesquisa realizada pela EPA (1993a).

Tabela 12. Avaliação de níveis de inativação microbiológica, obtidos para tecnologias de tratamento de RSS.

TECNOLOGIA DE TRATAMENTO DE RSS (TESTE DE CAMPO)	INATIVAÇÃO MICROBIOLÓGICA			
	Nível I ^a	Nível II ^b	Nível III ^c	Nível IV ^d
AUTOCLAVAGEM (<i>Prevacuum system</i> , 138 °C, 30 psi; <i>Double door gravity system</i> , 163 °C, 80 psi)	Sim	Sim	Sim	Sim
MICROONDA (6 unidades à 2450 MHz cada)	NT	NT	Sim	Não
RADIO FREQUÊNCIA (Onda curta Sistema RF, 11 – 13 MHz).	NT	NT	Sim	Não
QUÍMICO (Sistema mecânico/químico, hipoclorito de sódio 1000, 2000 e 3000 ppm).	Sim	Sim	Não*	Não*

Fonte; (EPA, 1993a).

^a Inativação de 10^5 bactéria vegetativa e fungo;

^b Inativação de 10^5 micobactéria;

^c Inativação, pelo menos 10^4 *B. subtilis* (calor); ou pelo menos 10^4 *B. stearothermophilus* (Químico);

^d Inativação de, pelo menos 10^6 *B. stearothermophilus* ou número de esporos superior;

NT: Não testado

* Não foi atingido sob condições normais de operação (< 3 horas de exposição)

A EPA (1993c) realizou extensivos ensaios sobre bioemissões de processos de tratamento de RSS. Nesta pesquisa foram avaliados 05 diferentes meios de culturas quanto a sua capacidade na recuperação de microorganismos provenientes desses tratamentos, entre eles o meio de cultura TSA. Os microorganismos testes foram *B. subtilis* e *B. stearothermophilus*. Em uma das etapas desta pesquisa, os microorganismos padrão foram submetidos a um processo térmico para simular a debilidade (injúria) esperada ser encontrada nos microorganismos provenientes dos sistemas de tratamento. Baseados nos dados gerados eles recomendaram o TSA como meio primário a ser utilizado para a recuperação de esporos de indicadores biológicos a partir da monitorização de ar e fluidos de bioemissões provenientes de sistemas de tratamento de RSS.

Os ensaios, desta etapa foram realizados para um tempo de secagem, obtido a partir do estudo da cinética de secagem de 70 minutos. Os resultados são mostrados nas Tabelas 4.13 e 4.14, respectivamente para as metodologias de controle positivo/negativo empregando-se bioindicador e contagem em placas em meio TSA, metodologias descritas no item 3.2.7.6.

Tabela 4.13: Dados da avaliação da secagem como método de inativação microbiológica - metodologia de controle positivo/negativo.

Ordem Dos ensaios	Q_m (kg/min.)	T (°C)	$X_{b,s,0}$ (%)	Inativação Microbiológica B1	Inativação Microbiológica B2
E7	0,345	140	39	Sem crescimento	Sem crescimento
E2	0,471	140	39	Sem crescimento	Sem crescimento
E1	0,345	160	39	Sem crescimento	Sem crescimento
E5	0,471	160	39	Sem crescimento	Sem crescimento
E6	0,345	140	85	Sem crescimento	Sem crescimento
E3	0,471	140	85	Sem crescimento	Sem crescimento
E8	0,345	160	85	Sem crescimento	Sem crescimento
E4	0,471	160	85	Sem crescimento	Sem crescimento

Onde: positivo, significa crescimento do microorganismo e resultado negativo, sem crescimento do microorganismo.

potencial para uma inativação microbiológica, pelo menos de nível III, nas condições estudadas.

A inativação nível IV, só é aceita quando esporos de *B. stearothermophilus* são submetidos ao calor úmido em concentração, pelo menos igual a $1,0 \times 10^6$ esporos. Reconhecidamente o calor úmido é mais efetivo na inativação microbiológica que o calor seco e esporo de *B. stearothermophilus* o microorganismo mais resistente ao calor úmido.

4.3.4. Resultados do estudo de cinética de inativação térmica (IT) do microorganismo padrão.

Os resultados obtidos são mostrados na Tabela 4.15. O ensaio foi realizado nas seguintes condições de processo: $Q_m = 0,345$ (kg/min.) $T = 140$ °C e $X_{bs,0} = 85$ (%). Ressalta-se que os níveis das variáveis conteúdo inicial da amostra, temperatura e vazão do ar de secagem selecionados, baseou-se na suposição que estas seriam, condições pouco satisfatórias para a inativação microbiológica, a partir das condições empregadas na etapa de inativação microbiológica, conforme metodologia descrita no item 3.2.8.1.

Tabela 4.15: Concentração de microorganismo padrão após diferentes tempos de secagem.

No da amostra	Bandeja (B1) (Tempo de exposição) (min.)	Bandeja (B1) (UFC/fita)	Bandeja (B2) (Tempo de exposição) (min.)	Bandeja (B2) (UFC/fita)
01	5	$7,4 \times 10^5$	6	$2,0 \times 10^6$
02	10	$5,7 \times 10^6$	12	$5,6 \times 10^5$
03	15	$2,4 \times 10^5$	18	$7,9 \times 10^5$
04	20	$1,7 \times 10^6$	24	$7,9 \times 10^5$
05	25	Ausente	31	$2,0 \times 10^2$
06	30	Ausente	37	$3,0 \times 10^5$
07	35	Ausente	42	Ausente
08	40	Ausente	48	Ausente

Tabela 4.14. Dados da avaliação da secagem como método de inativação microbiológica - metodologia de contagem em placa, em meio TSA.

Ordem dos ensaios	Q_m (kg/min.)	T (°C)	$X_{bs,0}$ (%)	Inativação microbiológica B1 (UFC/fita)	Inativação microbiológica B2 (UFC/fita)
E7	0,345	140	39	Ausente	Ausente
E2	0,471	140	39	Ausente	Ausente
E1	0,345	160	39	Ausente	Ausente
E5	0,471	160	39	Ausente	Ausente
E6	0,345	140	85	Ausente	Ausente
E3	0,471	140	85	Ausente	Ausente
E8	0,345	160	85	Ausente	Ausente
E4	0,471	160	85	Ausente	Ausente

Os dados mostram que a população de esporos de *B. subtilis* submetida à secagem foi inativada. Para os testes de viabilidade, em meio de cultura líquido adicionado de bioindicador, conforme a Tabela 4.13, obteve-se resultados negativos (quanto à presença de células viáveis do microorganismo), pois em nenhum das amostras foi observada a viragem do indicador púrpura de bromocrezol da cor púrpura para a cor amarela, indicativo da presença do microorganismo viável. Os resultados mostrados na Tabela 4.14 confirmam os resultados da Tabela 4.13. Pelo método da contagem de microorganismo em placas, em meio sólido TSA, em nenhuma das amostras analisadas houve crescimento de células do microorganismo.

Considerando que na avaliação das tecnologias de tratamento de RSS, mostrada na Tabela 4.12, para os processos atingirem inativação nível III (autoclavagem, microondas e radiofrequência) foram utilizadas concentrações de esporos de *B. subtilis* (10^4), inferiores as utilizadas neste trabalho (10^6), o processo de secagem apresentou um potencial satisfatório na inativação do microorganismo padrão.

Conforme os resultados obtidos pelas duas metodologias de recuperação de microorganismo e estes sugerirem que houve a inativação da população de esporos de *B. subtilis* ($5,0 \times 10^6$ esporos/bandeja) e mediante comparação com resultados publicados na literatura (EPA, 1993a), o processamento de amostras de RSS “tipo” (resíduo obtido em laboratório) adicionado de microorganismo padrão empregando-se secagem apresentou

A Figura 4.32 mostra uma comparação entre as curvas de temperatura versus tempo, obtidas na etapa de avaliação da secagem como método de inativação microbiológica (IM) e a obtida nesta etapa.

A partir dos resultados obtidos foi possível verificar qual o tempo efetivo de inativação do microorganismo padrão nas condições de processo estudadas.

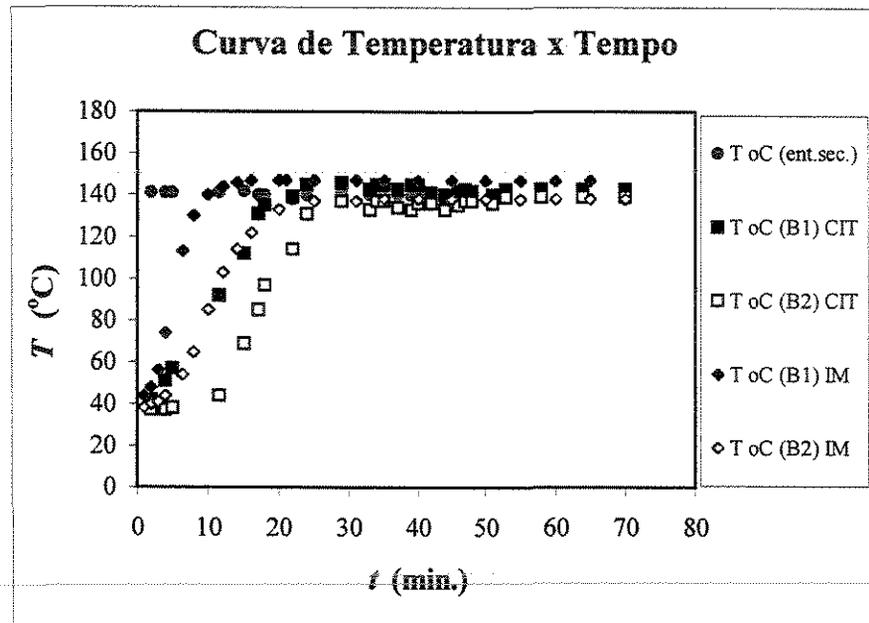


Figura 4.32: Comparação entre as curvas de temperatura versus tempo dos ensaios de (IM) ensaio de cinética de morte (CIT) nas mesmas condições de secagem $Q_m = 0,345$ (kg/min.), $T = 140$ °C e $X_{bs,0} = 85$ (%).

Conforme os dados obtidos para a secagem do material na bandeja (B1), Tabela 4.15, após 20 minutos de processamento, praticamente não houve redução da população do microorganismo, pois as concentrações do mesmo oscilavam entre 10^6 e 10^5 (esporo/fita), nesse período de tempo a temperatura da massa de resíduo encontrava-se em elevação (Figura 4.32). A partir dos 25 minutos a população do microorganismo padrão foi inativada.

Na bandeja (B2) obteve-se o seguinte comportamento: a massa de resíduo apresentou um aquecimento mais lento e atingiu a temperatura de processo por volta dos 25 minutos de processamento, como mostra a Figura 4.32. Nesse intervalo de tempo, as concentrações do microorganismo praticamente não se alteraram. Conforme a Tabela 4.15,

aos 31 minutos foi verificada a partir da amostra (5) 4 reduções decimais (4 log.) da população inicial, contudo a amostra (6) retirada aos 37 minutos mostrou uma população viável do microorganismo ainda da ordem de 10^5 . A inativação da população inicial do microorganismo ocorreu somente a partir dos 42 minutos de processamento.

O comportamento da secagem do RSS na bandeja (B2), principalmente no início do processamento, pode ser atribuído às mudanças das condições do ar de secagem que ocorrem como consequência da passagem, deste pela bandeja (B1), a partir da qual arrasta umidade. Entretanto, esta é uma situação própria da configuração do secador e deve ser esperada, principalmente para as amostras com conteúdo de umidade inicial elevado, conforme mostraram os perfis das curvas de taxa de secagem, obtidas no estudo de cinética de secagem do material, apresentadas no Apêndice 7.

O arraste da umidade da bandeja (B1) torna a corrente de ar que chega à bandeja (B2) mais úmida, mais fria e com menor velocidade, visto que, a bandeja (B1) funciona como uma resistência à passagem do ar que chega à (B2). O processo na bandeja (B2) passa a ser mais efetivo após o ar de secagem atingir a temperatura de processo, isso ocorre quando o conteúdo de umidade das bandejas tende para o equilíbrio (curvas de secagem, Apêndice 7). De acordo com a literatura, alguns fatores como temperatura e a umidade do ambiente durante a secagem exercem influência significativa na destruição de microorganismos pela ação do calor seco.

PFLUG e HOLCOMB (1991) citam que a temperatura é a variável mais importante na inativação térmica de esporos de microorganismos pela ação do calor seco. A umidade relativa (ambiente) durante o aquecimento, também é considerada importante, esta determina a quantidade de umidade nos esporos, pois a taxa de ganho ou perda de umidade no esporo é muito rápida. A exposição dos esporos a um ambiente com alta ou baixa umidade relativa, mesmo por poucos minutos deverá ocasionar mudanças no conteúdo de umidade dos esporos. A taxa de destruição de esporos aumenta com a diminuição do conteúdo de umidade da célula.

SILVERMAN (1968) *apud* PFLUG e HOLCOMB (1991) realizou ensaios de inativação térmica de esporos de microorganismos empregando calor seco, nos quais verificou o aumento da resistência dos esporos medida pelo valor D (tempo em minutos

para inativar a população de microorganismo em 90%) em um fator de 100 ao aumentar a umidade relativa do ar que passava entre os esporos de um valor próximo de zero para 20%. MURREL e SCOTT (1957) mostraram que a umidade relativa pode mudar a resistência de muitos esporos de bactéria, incluindo os de *B. stearothermophilus*.

Devido às fortes oscilações dos valores de concentração do microorganismo padrão durante a realização deste ensaio, não foi possível calcular o valor D do processo (tempo necessário para reduzir a população de microorganismo em 90%) e nem obter a curva de cinética de morte do microorganismo. Entretanto, os resultados obtidos podem ser considerados satisfatórios, pois nas condições de secagem estudadas foi possível estimar o tempo efetivo de inativação da população do microorganismo padrão, igual a $8,0 \times 10^6$ (esporos/bandeja), em cerca de 25 minutos para a bandeja (B1) e cerca de 42 minutos para a bandeja (B2) e confirmar os resultados obtidos na etapa anterior, item 4.3.3.2, com relação à inativação do microorganismo, pois o sistema se mostrou efetivo na inativação da população do microorganismo padrão, igual a $8,0 \times 10^6$ (esporos/bandeja), em um tempo inferior (42 minutos) ao utilizado nessa etapa, igual a 70 minutos.

É provável que os tempos de inativação da população do microorganismo padrão da etapa anterior deste trabalho, item 4.3.3.2, realizada no sistema totalmente fechado tenham sido menores, que os obtidos nesta etapa. Um fator que pode ter influenciado negativamente os resultados obtidos, nesta etapa foi a retirada sucessiva das bandejas da câmara de secagem, de 5 em 5 minutos a bandeja (B1) e de 6 em 6 minutos a bandeja (B2). Observou-se durante a realização do ensaio que o sistema não conseguia restabelecer imediatamente a temperatura da massa de resíduo. Esta significativa perturbação do sistema teve como conseqüência o resfriamento da massa de resíduo, conforme a Figura 4.32 que mostra as curvas de temperatura x tempo, para a etapa de estudo de inativação microbiológica e a curva para esta etapa, onde pode ser observado que na etapa de inativação microbiológica houve um aquecimento mais rápido da massa de resíduo, enquanto que nesta etapa do trabalho, o aquecimento da massa de resíduo foi mais lento.

Na literatura consultada não foi encontrada nenhuma recomendação de tempo efetivo de inativação da população do microorganismo padrão (em um determinado ciclo de tratamento) para sistemas de tratamento de RSS. No entanto, para a certificação de

processos de esterilização de produtos e utensílios hospitalares a FDA (Food & Drug Administration) requer que a inativação de uma população de microorganismo padrão (pelo menos igual a $1,0 \times 10^6$ esporos/fita) ocorra na metade do tempo estabelecido como tempo de ciclo de esterilização.

Desta forma, a secagem apresentou um potencial satisfatório na redução da população do microorganismo padrão estudado, em um tempo inferior ao proposto, na etapa de inativação microbiológica, nas qual verificou-se a inativação da população para todas as condições de ensaios.

5. CONCLUSÕES

5.1. Conclusões específicas

5.1.1. Levantamento de inventário de Resíduos dos Serviços de Saúde Infectantes (RSSI).

✧ O estabelecimento de saúde apresentou um número bastante diversificado de atividades, sendo a coleta de sangue de doadores voluntários, uma das atividades mais representativas para a dinâmica do estabelecimento, item (4.1.1).

✧ O número de setores de geração de RSSI identificados (43) no estabelecimento de saúde, bem como a produção de RSS, foram superiores aos resultados obtidos em pesquisa realizada em um hospital de médio porte, conforme comparação estabelecida com dados citados na literatura (MATTOSSO, 1996), conforme o item (4.1.2).

✧ Com relação aos tipos de resíduos segregados no estabelecimento, em torno de 19% dos RSS eram resíduos recicláveis. Porém, cerca de 51% dos RSS eram do tipo infectante (RSSI). Esse percentual de RSSI, quando comparado aos percentuais citados pela literatura como aceitáveis para hospitais 15-25% (WHO, 1999) foi considerado significativamente elevado. Entretanto, os resultados obtidos nesta investigação foram associados às atividades do estabelecimento e não ao gerenciamento inadequado dos resíduos (item 4.1.3).

✧ As maiores taxas diárias de geração de RSSI, por setor investigado foram obtidas para os três setores do estabelecimento diretamente ligados às atividades de coleta, fracionamento e análise sorológica de sangue (proveniente de doadores voluntários) e para o setor que realiza a limpeza de material contaminado de todas as demais áreas do estabelecimento (item 4.1.3).

5.1.2. Implementação da metodologia de verificação de manejo de RSSI, baseada na técnica Análise Preliminar de Riscos (APR).

✧ Os resultados da análise de risco empregando-se a técnica APR sugeriram a priorização de ações corretivas para as falhas na execução de procedimentos com consequência crítica (III) e probabilidade de ocorrência comum (C) ou frequentes, conforme o item (4.1.4).

✧ A série de risco obtida mediante a aplicação da técnica APR, pode ser utilizada pelos responsáveis pelo gerenciamento de RSS, para a verificação e implementação de possíveis ações, que se aplicadas aos eventos da série poderão controlar, minimizar ou interromper qualquer um desses eventos, de acordo com o item (4.1.4).

5.1.3. Caracterização física e microbiológica de RSSI.

✧ Os materiais em quantidades significativas na composição gravimétrica dos RSSI foram: plástico (39%), sangue (19%), papel/papelão (17%) e líquido (12%). Ressaltando-se a percentagem, significativa de sangue na composição dos RSSI, cujo valor obtido pode ser considerado coerente em decorrência das atividades do estabelecimento, conforme o item (4.2.1).

✧ A análise dos resultados da determinação dos parâmetros: (ρ_{ap}), (U_{bu}), (SV) e ($cinzas$), sugeriram que tais parâmetros foram influenciados, significativamente pela composição gravimétrica dos RSSI. Os maiores valores de Desvios Médios (DM) obtidos na determinação desses parâmetros foram verificados para setores de geração que apresentaram as maiores variações diárias de tipos e proporções dos constituintes da composição (item 4.2.2).

✧ Nas condições de investigação microbiológica proposta neste trabalho, para os RSSI provenientes de quatro diferentes setores do estabelecimento de saúde, os microorganismos mais freqüentes foram, respectivamente: bactérias heterotróficas, bolores e leveduras. Dos microorganismos utilizados como indicadores de contaminação, *Staphylococcus aureus* foi identificado e isolado, em apenas uma amostra de um dos setores, a partir de cinco repetições da amostragem (item 4.2.4).

✧ As amostras dos quatro diferentes setores estudados apresentaram uma contagem total de microorganismos inferior aos resultados citados na literatura para estudos realizados em setores similares aos investigados (serviços ambulatoriais). A ausência dos microorganismos, indicadores de contaminação propostos neste trabalho, na maioria das amostras foi atribuída, principalmente à presença de desinfetantes, substâncias sépticas e medicamentos (inclusive quimioterápicos) nos resíduos estudados (item 4.2.4).

5.1.4. Avaliação do potencial da operação de secagem como metodologia alternativa de tratamento de tipos segregados de RSSI (CONAMA, 2001).

a) Cinética de secagem

✧ A secagem do RSS “tipo” para as amostras com $X_{bs,0} = 11\%$, nas bandeja B1 e B2 ocorreu somente no período de secagem à taxa decrescente. A secagem do RSS “tipo” para as amostras com $X_{bs,0} = 39\%$, apresentou o período de secagem à taxa constante para a secagem do material na bandeja B2, em duas condições experimentais nas demais correu somente período à taxa decrescente. A secagem do RSS “tipo” para as amostras com $X_{bs,0} = 85\%$ e na bandeja B2, apresentou o período de secagem à taxa constante em todos os ensaios. Em um dos ensaios o período de secagem à taxa constante ocorreu na secagem do material na bandeja B1, (item 4.3.1.2).

✧ O Fato da secagem do material apresentar o período de secagem constante, para amostras com o conteúdo de umidade inicial elevado foi devido a uma maior quantidade de umidade superficial agregada às amostras.

✧ Devido aos diferentes comportamentos apresentados pelo material durante a secagem (secagem à taxa constante e decrescente), que ocorreram em função do conteúdo de umidade inicial das amostras, verificou-se que as variáveis de processo vazão e temperatura do ar de secagem influenciaram significativamente a cinética de secagem do material, porém a predominância de uma ou outra variável (vazão e temperatura) ocorreu em função do mecanismo de secagem controlador do processo, nas condições dos ensaios avaliadas.

✧ O aumento do conteúdo de umidade inicial da amostra exerceu influência significativa na cinética de secagem da bandeja B2. O potencial de secagem do material na bandeja B2, com relação à bandeja B1 foi significativamente reduzido e as taxas de secagem desses ensaios caíram pela metade. Tais resultados foram verificados para as amostras com os maiores conteúdos de umidade inicial 39% e 85%, (item 4.3.1.2).

✧ Na verificação da degradação térmica do RSS as melhores condições de secagem (evidenciada pela liberação de odores devido à perda de sólidos voláteis dos materiais), ocorreram nos níveis mínimos das variáveis: vazão e temperatura do ar de secagem. As

piores condições foram obtidas nos níveis máximos dessas variáveis e condições aceitáveis, nas combinações de níveis máximos e mínimos (item 4.3.12).

b) Estudo de encolhimento do volume e redução do volume

✧ Os resultados estatísticos sobre a influência das variáveis de processo na variável resposta encolhimento do volume, Diagrama de Pareto, neste trabalho mostram somente as tendências das variáveis de processo na variável resposta, em virtude da não realização de ensaios em duplicata ou ensaios no ponto central para a verificação da extensão do erro experimental e reprodutibilidade dos resultados, os quais forneceriam resultados estatísticos mais confiáveis para esta avaliação (item 4.3.2).

✧ Com relação à redução global do volume, para o processamento do RSS por secagem foi obtida uma percentagem em torno de 70%, na etapa de pré-tratamento (trituração) adicionada à redução de cerca de 30 a 50% após a secagem (dependendo do conteúdo inicial da amostra), resultados estes comparáveis às tecnologias de tratamento de RSS, conforme citado na literatura (MENOITA, 1999, SINETA, 1999 e WHO, 1999), conforme o item (4.3.2).

c) Inativação microbiológica (redução da carga de microorganismo)

✧ Nos ensaios de inativação microbiológica, em oito diferentes condições de processamento, em um tempo de 70 minutos, obteve-se êxito na inativação de uma população de microorganismo padrão, igual a $5,0 \times 10^6$ esporos/bandeja, em todos os ensaios, item (4.3.3).

✧ A inativação microbiológica obtida, nas condições dos ensaios, foi classificada como inativação nível III e comparada, satisfatoriamente aos dados de testes similares realizados em sistemas de tratamento de RSSI, atualmente em operação como autoclave, microondas e rádio frequência, citados na literatura (EPA, 1993a), de acordo com o item (4.3.3).

✧ No estudo de cinética de inativação térmica do RSS, o desempenho apresentado pela bandeja (B2), na inativação da população de microorganismo estudada, foi significativamente influenciada pela secagem na bandeja (B1), como foi previsto nos

ensaios de cinética de secagem do material, para amostras com alto conteúdo de umidade inicial, item (4.3.4).

✧ Os resultados obtidos, a partir do estudo de inativação térmica do microorganismo padrão foram considerados satisfatórios, pois nas condições de secagem estudadas foi possível inativar uma população do microorganismo padrão ($8,0 \times 10^6$ esporos/bandeja) em um tempo de 25 minutos na bandeja (B1) e 42 minutos na bandeja (B2), item 4.3.4).

✧ Os resultados de cinética de inativação térmica (CIT) serviram também, para confirmar os resultados obtidos na etapa de inativação microbiológica (IM), pois nesse estudo (CIT) ocorreu a inativação da população de microorganismo padrão ($8,0 \times 10^6$ esporos/bandeja), em um tempo máximo de 42 minutos, inferior ao utilizado na etapa de inativação microbiológica, igual a 70 minutos, a partir do qual obteve-se a inativação da população de microorganismo padrão, em todos os ensaios.

5.2. Conclusão Geral

Este trabalho teve como objetivos investigar os Resíduos de Serviços de Saúde Infectantes (RSSI), provenientes de um banco de sangue, no qual foram abordados aspectos da sistemática de geração, manejo interno, caracterização física e microbiológica e a avaliação do potencial da secagem na redução de volume e carga microbiológica dos RSS.

As etapas de investigação da sistemática de geração e manejo interno, etapa relacionada à área de gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde, forneceram subsídios para uma avaliação geral dos resíduos alvo deste estudo, os RSSI, em vista, principalmente dos diferentes tipos de RSS segregado no estabelecimento de saúde, que poderiam ser, significativamente alterados por um gerenciamento deficiente.

Características físicas, principalmente composição gravimétrica, conteúdo de umidade e informações microbiológicas dos resíduos (mesmo restrita, com relação ao número de setores estudados, em comparação com o número de setores geradores de RSSI identificados no estabelecimento) forneceram subsídios para a obtenção de um RSSI “tipo” (sintética), que adicionado de microorganismo padrão, esporos de *B. subtilis* (utilizados

para a avaliação de efetividade de processos de esterilização por calor seco) constituíram a amostra sintética a ser submetida ao processo de secagem.

A amostra de RSSI “tipo” submetida ao processo de secagem mostrou resultados satisfatórios para o desempenho do sistema, com relação à inativação de uma população de microorganismo padrão (normalmente empregada na verificação dos processos esterilização), pois a população de microorganismo foi inativada com êxito, em diferentes condições de processo. Os resultados, tanto para a redução da carga de microorganismo como para a redução do volume, obtidos nesta investigação, foram comparáveis aos resultados citados na literatura para sistemas de tratamento alternativo de RSSI atualmente em operação.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de otimizar o sistema de secagem para a sua utilização como uma metodologia alternativa de tratamento de correntes segregadas de Resíduos de Serviços de Saúde, algumas etapas são necessárias. Assim, sugere-se:

01. A realização do estudo de cinética de inativação térmica do microorganismo padrão (*B. subtilis*) nas condições de processo estabelecidas na etapa de inativação microbiológica deste trabalho, visando obter o valor D de cada condição de processo (tempo de redução decimal da população de microorganismo),
02. A avaliação da influência das variáveis de processo no valor D (influência da variável de processo na morte do microorganismo). Otimizar as condições do sistema (secagem, degradação térmica dos constituintes da composição dos resíduos e inativação microbiológica).
03. Na condição de processo otimizada, estudar a inativação do microorganismo padrão disperso na massa de resíduos e avaliar: arraste de microorganismo para o condensado, monitorização das condições atmosféricas do entorno do equipamento, viabilidade do microorganismo na massa de resíduos.
04. A avaliação de riscos biológicos, físicos e químicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY ATSDR. *The public health implications of medical waste: a report to Congress*. September, 1990.

AKUTSU, J.; HAMADA, J. Resíduos de serviços de saúde: avaliação de aspectos quali-quantitativos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES, 1., 1993, Cascavel, Paraná, Brasil. *Anais...* 1993, p.25-43.

ANDRADE, J. B. L.; SCHALCH, V. Determinação da composição gravimétrica, peso específico e teor de umidade dos resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus. *Revista Limpeza Pública*. n.44, p.27-31, 1997.

ANDREOLI, C. V., CHERUBINI, C., FERREIRA, A. C., TELES, C. R. Avaliação de parâmetros para a secagem e desinfecção do lodo de esgotos em condições artificiais (estufa). In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro, Bahia, Brasil. *Anais...* Porto Seguro, Bahia, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2000, p.1124 -1133.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), Rio de Janeiro. NBR-12807; resíduos de serviços de saúde: terminologia. Rio de Janeiro, 1993a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), Rio de Janeiro. NBR-12808; resíduos de serviços de saúde: classificação. Rio de Janeiro, 1993b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), Rio de Janeiro. NBR-12810; resíduos de serviços de saúde: procedimentos na coleta. Rio de Janeiro, 1993c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), Rio de Janeiro. NBR-10004; resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 1987.

THE ASSOCIATION FOR PRACTITIONERS IN INFECTION CONTROL (APIC). Position paper: Medical waste (revised). *Infect. Control Hosp. Epidemiol*, v.20, p.73-74, 1992.

ALTHAUS, H., SAUERWALD, M., SCHRAMMECK, E. Hygienic aspects of waste disposal. *Zbl Bakt Hyg I Abt Orig B*, v. 178, p. 1-29, 1983 *apud* COLLINS, C. H., KENNEDY, D. A. The microbiological hazards of municipal and clinical wastes. *Journal of Applied Bacteriology*. v. 73, p.1-6, 1992.

BALABAN, M. Effect of volume change in foods on the temperature and moisture content predictions of simultaneous heat and moisture transfer models. *J. Food Process Eng.* v.1 (12), p.67-88, 1989.

BALABAN, M., PIGOTT, G. M. Shrinkage in fish muscle during drying. *J. Food Sci.* v.51 (2), p.510-511, 1986.

BLACKMAN, W. C. *Basic hazardous waste management*. Tokyo: Lewis Publishers. 1996. 397p.

BISORD, S., ALVAREZ, A. F. A., FACCHINI, R., LORENZ, P. Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) pelo sistema de microondas. In: *In Curso: tratamento e destinação final de resíduos de serviços de saúde*. São Paulo: Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABPL), 1999. p.53-63

BLOCK, S. S. Infectious medical wastes: treatment and sanitary disposal. In: BLOCK, S. S. (ed). *Disinfection, Sterilization, and Preservation*. 4th ed. USA: Lea & Febiger, 1991. p.730-748.

BROOKER, D. B., BARKER-ARKEMA, F. W., HALL, C. W. *Drying cereal grains*. Westport: AVI, 1974

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Normas Técnicas. Coordenação Geral de Normas. Coordenação de Rede Física, Equipamentos e Materiais Médicos-Hospitalares. Serviço de Engenharia Clínica. *Segurança No Ambiente Hospitalar*. Brasília: Departamento de Normas Técnicas, 1995.

BYRNS, G.; BURKE, T. Medical waste management – implications for small medical facilities. *Journal of Environmental Health*, v. 55, n.3, p.12-15, 1992.

BURCHINAL, J. C. A study of Institutional solid wastes-USA Environmental Protection Agency, Washington D.C., 1973 *apud* NABHAN, N. *Resíduos hospitalares*, CETESB: SP, 1986.

CAMPINAS. Secretaria de Serviços Públicos/Secretaria da Administração. *Campinas: a gestão dos resíduos sólidos urbanos*. Campinas, 1996. 224 p.

CASTRO, V. L. F. L. *Proposta de modelos de gerenciamento interno de resíduos de serviço de saúde – centro médico Campinas*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1995. 158 p. Dissertação (Mestrado)

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA E CIÊNCIA DEL AMBIENTE (CEPIS). *Guia para o manejo de los recursos sólidos em centros de atención de salud*. Lima, 1997a. 58 p.

CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA E CIÊNCIA DEL AMBIENTE (CEPIS). *Resíduos hospitalares*. Lima, 1997b. 216 p.

CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. *Advances in Drying*. P.73-102, 1983.

COLLINS, C. H., KENNEDY, D. A. The microbiological hazards of municipal and clinical wastes. *Journal of Applied Bacteriology*. v. 73, p.1–6, 1992.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Resíduos de serviço de saúde*. São Paulo, 1997. 30 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Norma Técnica L5. 510: lixiviação de resíduos industriais: método ensaio*. São Paulo, 1983.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 5 de 5 de Agosto de 1993. Ministério do Meio Ambiente, 1993.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução Nº 283 de 12 de Julho de 2001. Ministério do Meio Ambiente, 2001.

COOK, E. M.; DUMONT, H. D. *Process drying practice*. New York: McGraw-Hill, 1991.

DALTRO FILHO, J.; SANTOS, D. C. G. A Realidade dos Resíduos Sólidos das Unidades de Saúde da Universidade Federal de Sergipe. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro, Bahia, Brasil. *Anais...* Porto Seguro, Bahia, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2000, p.1326–1340

D'ALMEIDA, M. L. O., VILHENA, A. (coord.). *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DE CICCO, F., FANTAZZINI, M. L. *Introdução a Engenharia de Segurança de Sistemas*. 3 ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 1985.

DRUM, D. A. Medical Waste Disposal. *J. of Air & Waste Management Association*. v.44, p.1176–1179, 1994.

DRUMMOND, D. W., PFLUG, I. J., Dry-Heat Destruction of *Bacillus subtilis* Spores on Surfaces: Effects of Humidity in na Open System. *Applied Microbiology*, v.20, p.805-809, 1970.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Guidance for evaluating medical waste treatment technologies**. Washington, D.C.: Office of Solid Waste, Research Triangle Institute, 1993a. 65p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Bioemissions from medical waste treatment technologies: evaluation of indicator microorganism recovery*. Washington, D.C.: Office of Solid Waste, Research Triangle Institute, 1993b. 17 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Evaluation of potencial biological emissions from alternativa medical waste treatment technologies*. Washington, D.C.: Office of Solid Waste, Research Triangle Institute, 1993c. 57 p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Model guidelines for state medical waste management*. Washington, D.C.: Office of Solid Waste and Emergency Response, U.S. EPA, 1992. 30 p.

EITEL, D. F. Managing medical waste technology: how US hospital adapted to change. *IJTM, Special issue on management of technology in health care*, v.15, n.3/4/5/, p.402–420, 1998.

AS ESPERIÊNCIAS internacionais. Disponível em: <http://www.hospitalgeral.com/1_prof/adm_hosp/lixo_hosp/expert.htm>. Acesso em: 27 jan. 2002. 2 p.

ESPÍNDOLA, A. R. C.; SALLES, I. B. *Estudo dos resíduos sólidos hospitalares em Florianópolis – Hospital Gov. Celso Ramos*. Florianópolis: COMCAP/FATMA., 1987.

FARIA, L. J.G. *Análise experimental de processo de secagem de urucum (Bixa de orellana, L.) em leito fixo*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1998. 274p. Tese (Doutorado).

FEACHEM, R. G. et al. *Sanitation and diseases health aspects of excreta and wastewater Management*. Washington: John Wiley & Sons, 1983 .

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA). *Handbook of chemical hazard analysis procedures*. U.S. EPA, and U.S. DOT, (1993).

FERREIRA, J. A. Gerenciamento e destino final de resíduos de serviços de saúde. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro, Bahia, Brasil. *Anais...* Porto Seguro, Bahia, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2000, p.1771-1723.

FOUST, A. A.; WENZEL, L. A.; CLUMP, C. W.; MAUS, L. ANDERSEN, L. B. *Princípios das operações unitárias*. Rio de Janeiro: Guanabara dois, 1982, 1985.

FRANCO, C. Esgoto e lixo ameaçam a saúde do brasileiro. *Estado de São Paulo*. São Paulo, 3 fev. 1993. Cidades, p.10.

FUENTE, H. D. *Políticas para Gestion Ambientalmente adecuadas de los Resíduos: el caso de los residuos sólidos urbanos e industriales em Chile e la luz de la experiencia internacional*. [Chile]: CEPAL/PNUMA, 1994. 87p.

FUNDAÇÃO NATURA. *Manual para el Manejo de desechos em Establecimientos de Salud*. Quito, 1997. 110 p.

GABA, A. L. *Secagem de uva Itália em leito fixo*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1998. 137 p. Tese (Doutorado)

GOTOH, K. MASUDA, H. HIGASHITANI, K. *Powder Technology Handbook*. New York: Marcel Dekker, 1997.

GOUVEIA, J. P. G. *Avaliação da cinética de secagem do gengibre (zingiber officinale, Roscoe) em um secador de leito fixo*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999. 161p. Tese (Doutorado).

GRUTER, H., MATTER, M., OEHLMANN, K. H. Drying of sewage sludge na important step in waste disposal. *Wat. Aci. Tech.* v.22 (12), p.57-63, 1990.

HASSEBRAUCK, M.; ERMEL, G. Two examples of thermals drying of sewage sludge. *Wat. Sci. Tech.* v.33, n.12, p.235-242, 1996.

HOVMAND, S. Fluidized bed drying. In: MUJUMDAR, A. S. *Handbook of industrial drying*. New York: Marcel Dekker, 1995. v1.

JOSLYN, L.J. Sterilization by heat. In: BLOCK, S. S. (ed). *Disinfection, Sterilization, and Preservation*. 4th ed. USA: Lea & Febiger, 1991. p.495-523.

JURAS, I. A. G. M. *Destino dos Resíduos Sólidos e Legislação sobre o Tema*. Nota Técnica. Câmara dos 3 Poderes Consultoria Legislativa. [Brasília]: Consultoria Legislativa, 2000. 6p.

KALNOWSKI, G.; WIEGARD, H.; HENNING, R. The microbial contamination of hospital waste. *Zentralblatt fur Bakteriologie und Hygiene I Abt. Orig. B*, v. 178, p. 364–379, 1983.

KARPIAK, J., PUGLIESE, G. Medical waste – Declining options in the 90s. *American J. of Infection Control*, v. 19, n. 1, p. 8–15, 1991.

KEENE, J. H. Medical waste: a minimal hazard. *Infect. Control Hosp. Epidemiol*, v. 12, p.682-685, 1991.

KEEY, R. B. *Drying of loose and particule materials*. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1972.

KING, C. K. Rates of moisture sorption and desorptio in porous dried foodstuffs. *Food Technlogy*. v.22, p.165-171, 1968.

KOPYTYNSKI, W.R. *Resíduos hospitalarios: como preservar o meio ambiente*. [S.l.: s.n.], 1997. 6p.

LACERDA FILHO, A. F. *Avaliação de diferentes sistemas de secagem e suas influências na qualidade do café*. Viçosa, UFV, 1986. 136p. (Dissertação de Mestrado) *apud* GOUVEIA, J. P. G. *Avaliação da cinética de secagem do gengibre (zingiber officinale, Roscoe) em um secador de leito fixo*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999. 161p. Tese (Doutorado).

LEAL, C. A. *Análise Preliminar de Riscos (APR) [mensagem pessoal]*. NORTE-S-UFRRGS, Porto Alegre, 2001. 8p.

LIBERT, L., TURSI, A., COSTANTINO, N., FERRARAS, L., NUZZO, G. Optimization of infectious hospital waste management in Italy: Part I – wastes production and characterization study. *Waste Management & Research*. v.12, p.373-385, 1994.

LONG, R. B. *Separation processes in waste minimization*. New York: Marcel Dekker, 1995.

LOZANO, J. E., ROTSTEIN, E., URBICAIN, M.J. Shrinkage, porosity, and bulk density of foodstuffs at changing moisture contents. *J. Food Sci*. v.48, p.1497-1502, 1983.

LI, C-S, JENQ, F-T. Physical and chemical composition of hospital waste. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. v. 14, p. 145-150, 1993.

MACCABE, W. L., SMITH, J. C., HARRIOTT, P. *Unit operations of chemical engineering*. 5 ed. New York: McGraw-Hill. 1993.

MATTOSO, V.D.B. *Classificação, quantificação e análise microbiológica dos resíduos de serviço de saúde da Santa Casa de Misericórdia de São Carlos*. São Carlos: Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1996. Dissertação (Mestrado).

McMINN, W. A. M., MAGEE, T. R. A. Air drying kinetics of potato cylinders. *Drying Technology*. v.14 (9), p.2025-2040, 1996.

MENOITA, M. Desinfecção Química - Cloro - Maceração. In *Curso: tratamento e destinação final de resíduos de serviços de saúde*. São Paulo: Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABPL), 1999. p. 80-89.

MONGE, G. *Manejo de residuos em centros de atención de salud*. Lima, Organização Panamericana de Saúde – OPS, 1997.

MOREIRA, R., FIGUEIREDO, A., SERENO, A. Shrinkage of apple disks during drying by warm air convection and freeze drying. *Drying Technology*. v.18 (1e2), p.279-294, 2000.

MOSE, J. R., REINTHALER, F. Microbial contamination of hospital waste and household refuse. *Zentralblatt für Bakteriologie und Hygiene I Abt. Orig. B*. v. 181, p.98–110, 1985.

MULET, A., GARCIA-REVERTER, J. BOM, J. BERNA, A. Effect of shape on potato and cauliflower shrinkage during drying. *Drying Technology*. v.18 (6), p.1201-1219, 2000.

MUJUMDAR, A. S. Drying Fundamentals. In: BAKER, C. G. J. (Ed.). *Industrial drying of foods*. London: Chapman e Hall, 1997.

MUJUMDAR, A. S., MENON, A. S. Drying of solids: principles, classification and selection of dryers. In: MUJUMDAR, A. S. (Ed). *Handbook of industrial drying*. New York: Marcel Dekker, 1995. v1.

MURREL, W. G., SCOTT, W. J. Heat resistance of bacterial spores at various water activities. *Nature*. v41, p.179, 1957.

NABHAN, N. *Resíduos hospitalares*, CETESB: SP, 1986.

NODA, R.; RÉGO, R. C. E. Caracterização preliminar de resíduos sólidos de estabelecimentos hospitalares. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES, 1., 1993, Cascavel, Paraná, Brasil. *Anais...* 1993.

NUCCI, M. C. C., MURR, F. E. X. *Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem na qualidade do gengibre seco*. Campinas: departamento de Engenharia de Alimentos da UNICAMP, 1994. 45p. (Relatório de iniciação científica).

OCHOA, M. R. et al. Volume and area shrinkage of whole sour cherry fruits (*Prunus cerasus*) during dehydration. *Drying Technology*. v.20 (1), p.147-156, 2002.

OROFINO, F. V.G. *Aplicação de um sistema multicritério SAATY for Windows – na gestão dos resíduos sólidos de serviços de saúde – caso do hospital Celso Ramos*. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996. Dissertação (Mestrado).

OWER, E., PANKHURST. R. C. *The Measurement of air Flow*. Germany: Pergamon Press, 1977.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). *Hazardous waste and health in Latin America and the Caribbean*. Washington, DC, Pan American Health Organization, 1994 *apud* WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Safe management of wastes from health-care activities*. Edited by A. Pruss, E. Giroult, P. Rushbrook. Geneva, 1999.

PARK, K. J. Diffusional model with and without shrinkage during salted fish muscle drying. *Drying Technology*. v.16 (3-5), p.889-905, 1998.

PFLUG, I. J., HOLCOMB, R. G. Principles of the thermal destruction of microorganisms. In: BLOCK, S. S. (ed). *Disinfection, Sterilization, and Preservation*. 4th ed. USA: Lea & Febiger, 1991. P.85-128.

PRADO, M. E. T., ALONSO, L. F. T., PARK, K. J. Shrinkage of dates (*Phoenix Dactilyfera* L.) during drying. *Drying Technology*. v.18 (1e2), p.295-310, 2000.

PELCZAR, M., REID, R., CHAN, E. C.S. *Microbiologia*. São Paulo: MacGraw-Hill. v.2, 1981.

PEÑA, L. M. R. *Estudos de pré-tratamento para a obtenção de tomate desidratado em fatias*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1999. Dissertação (Mestrado)

PEREZ, M. G. R., CALVELO, A. Modelling the thermal conductivity of cooked meat. *J. Food Sci.* v. 49, p. 152-156, 1984. *apud* WANG, N., BRENNAN, J. G. Changes in structure, density, and porosity of potato during dehydration. *Journal of Food Engineering.* v.24, p.61-76, 1995.

PERRY, R. H., CHILTON, C. H. *Manual de Engenharia Química*. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1980.

RATT, C. Shrinkage during drying of foodstuffs. *Journal Food Engineering.* v.23, p.91-105, 1994.

RAHMAN, S., POTLURI, P. L. Shrinkage and Density of Squid Flesh during Air Drying. *Journal of Food Engineering*, v. 12, p.133-143, 1990.

RESOLUÇÃO CNEN – 19/85. *Norma CNEN-NE-6.05 – Gerência de rejeitos radioativos em instalações radioativas*. D.O.U. de 17 de Dezembro de 1995.

REGO, R. C. E. et. al., Avaliação da prática do uso de cal hidratada na disposição de resíduos sólidos de serviços de saúde em valas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES, 1., 1993, Cascavel, Paraná, Brasil. *Anais...* 1993.

RIBEIRO FILHO, V. O. Introdução ao tratamento e destino final dos resíduos de serviços de saúde. In *Curso: tratamento e destinação final de resíduos de serviços de saúde*. São Paulo: Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABPL), 1999. p.8-12.

RISSO, W. M. *Gerenciamento de resíduos de serviços de saúde: A caracterização como instrumento básico para a abordagem do problema*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de saúde Pública. 1993, 161p. Dissertação (Mestrado).

ROMAN, G. N., URBICAIN, M. J., ROTSTEIN, E. Moisture equilibrium in apples at several temperatures: experimental data and theoretical considerations. *J. Food Sci.* v.47, p.1484, 1982.

ROMANO, J.C., QUELAS, M. C. F. *Esterilização por Calor Seco*. Disponível em: <eletrônico:<http://www.hospvirt.org.br/enfermagem/port/calor.html>>. Acesso em: 18 abr. 2002.

RUTULA, W. A.; MAYRALL, C. G. Medical waste. *Infect. Control Hosp. Epidemiol.* v. 13, p.38-48, 1992.

RUTULA, W. A.; WEBER, D. J. Infectious waste – mismatch between science and policy. *The New England Journal of Medicine.* v. 325, n. 22, p.578-582, 1991.

RUTULA, W. A., ODETTE, R., SAMSA, G. Management of infectious waste by US hospital. *The Journal of the American Medical Association.* v. 262, n. 12, p.1635-1640, 1989.

SALKIN, I. F., KRISIUNAS, E. Alternatives to medical waste incinerators. *Journal of solid waste technology and management.* v. 25, n. 1, p.9-13, 1998.

SÃO PAULO (Estado). *Resolução conjunta SS/SMA/SJDC-1*, de 29 de Junho de 1998. Dispõe sobre Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde. 1998.

SCHURR, G. A. Solids drying. In: PERRY, R. H., GREEN, D. W. (eds). *Perry's Engineers' Handbook*. 6th ed. New York: McGraw-Hill, 1984. p.19-65 a 19-89.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE, SÃO PAULO (Estado). *A cidade e o lixo*. 1998. São Paulo, 1998. 100 p.

SILVA, L. T. C. V. *Caracterização dos resíduos hospitalares: uma inferência a patogenicidade*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1993. 147 p. Dissertação (Mestrado)

SILVERMAN, G. J. The resistivity of microorganisms to inactivation by dry heat. *Contract Ns G-691*. Massachusetts institute of technology. Cambridge, Mass. 1968 *apud* PFLUG, I. J., HOLCOMB, R. G. Principles of the thermal destruction of microorganisms. In: BLOCK, S. S. (ed). *Disinfection, Sterilization, and Preservation*. 4th ed. USA: Lea & Febiger, 1991. P.85-128.

SINETA, M. S. Utilização de autoclaves no tratamento de resíduos do serviço de saúde. In *Curso: tratamento e destinação final de resíduos de serviços de saúde*. São Paulo: Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABPL), 1999. p. 64-79.

SJOHOLM, I., GEKAS, V. Apple shrinkage upon drying. *Journal Food Engineering*. v.25, p.123-130, 1995.

SOARES, S. R., et al. Avaliação da evolução microbiológica em resíduos hospitalares infecciosos. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro, Bahia, Brasil. *Anais...* Porto Seguro, Bahia, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2000, p.1-10.

SOUSA, L. H. C .D. et al. Convective Drying of Textile Materials. In: International Drying Symposium, XIII, 2002, Beijing, China. *Proceedings...* Beijing, China, 2000, v. C, p.1757-1764.

STEDILE, N. L. R. et al. Sistematização de fontes geradoras de resíduos sólidos de serviços de saúde como subsídio para proposição de programas de gerenciamento em estabelecimentos de assistência primária e secundária. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 9, 2000, Porto Seguro, Bahia, Brasil. *Anais...* Porto Seguro, Bahia, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2000, p. 1477-1486.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. *Drying: Principles, Applications and Design*, Gordon and Breach Science Publishers, 1930.

SUZUKI, K., KUBOTA, K., HASEGAWA, T., HOSAKA, H. Shrinkage in dehydration of root vegetables. *J. Food Sci.* v.41, p.1189-1994, 1976.

TAKAYANAGUI, A. M. M.; CASAGRANDE, L. D. R. O estado da arte do gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde: de alguns países do primeiro mundo ao Brasil de hoje (1993). In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS HOSPITALARES, 1., 1993, Cascavel, Paraná, Brasil. *Anais...* 1993, p.184.

TAYLOR, J.R. An introduction to error analysis. 2nd ed. USA: University Science Books, 1982.

TOBINAGA, S., PINTO, L. A. A. Secagem de materiais fibrosos: músculos de peixe. *Tópicos especiais de secagem*. v.1, p.211-251, 1992

TURNBERG, W. L., FROST, F. Survey of occupational exposure of waste industry workers to infectious wastes in Washington State. *American Journal of Public Health*. v. 80, p.1262 – 1264, 1990.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINS (UNICAMP). *Curso de introdução ao controle hospitalar: adaptado das definições para infecção hospitalar do Center for Disease Control (CDC)*. [Campinas]: UNICAMP/CCIH-HC/CAISM, 1988.

VAGENAS, G. K., MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of apricots. *Drying Technology*. v.9 (3), p.735-752, 1991.

VIVEIRO, M. Brasil não trata lixo de serviços de saúde. **Journal Folha de São Paulo**, São Paulo, 22 abr. 2002. Disponível em: <<http://www.uol.com.br/noticias>>. Acesso em: 22 abr. 2002.

WANG, N., BRENNAN, J. G. Changes in structure, density, and porosity of potato during dehydration. *Journal of Food Engineering*. v.24, p.61-76, 1995.

WERNIMONT, G. T. *Use of statistics to develop and evaluate analytical methods*. USA, Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1985.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Safe management of wastes from health-care activities*. Edited by A. Pruss, E. Giroult, P. Rushbrook. Geneva, 1999.

ZANON, U. Riscos infecciosos imputados ao lixo hospitalar – realidade epidemiológica ou Ficção sanitária?. *Rev. Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*. v. 23, n. 3, p.163 – 170, 1990.

ZOGZAS, N. P., MAROULIS, Z. B., MARINOS-KOURIS, D. Densities, shrinkage, and porosity of some vegetables during air drying. *Drying Technology*. v.12 (7), p.1653-1666, 1994.

APÊNDICE 1

(Planilha de Identificação de Setores de Geração de RSS)

APÊNDICE 1: Planilha de Identificação de Setores de Geração de RSS.

Quadro A1.2 Avaliação do sistema, identificação de Setores geradores e tipos de RSS

INFORMAÇÕES ADICIONAIS: Hemocentro 1 (H1) – Térreo: ALa - B

DATA:

No: 2/9

No Sala	SETOR (unidade/área/serviço)	CATEGORIA DE RSS							
		Infecctante *(GA)	Perfuro e cortante *(GA)	Patológico *(GA)	Químico *(GB)	Farmacêutico *(GB)	Radiativo *(GC)	Geral *(GD)	Recicláveis *(GD)
03	Consultório de procedimentos especializados	✓	✓						
04	Consultório (10)	✓							
05	Consultório (09)	✓							
06	Consultório (08)	✓							
07	Consultório (06)	✓							
08	Consultório (05)	✓							
09	Consultório (04)	✓							
10	Consultório (03)	✓							
11	Consultório (02)	✓							
12	Consultório (01)	✓							
13	Coleta de exames	✓							
		✓	✓					✓	✓

* Classificação CONAMA (Res. No 283, 12 de Jul. 2001).

APÊNDICE 1: Planilha de Identificação de Setores de Geração de RSS.

Quadro A1..4: Avaliação do sistema, identificação de SETORs geradoras e tipos de RSS.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS: Hemocentro 1 (H1) – 1º andar : ALa - B

DATA:

No: 4/9

No	SETOR (unidade/área/serviço)	CATEGORIA DE RSS							
		Infecctante *(GA)	Perfuro e cortante *(GA)	Patológico *(GA)	Químico *(GB)	Farmacêutico *(GB)	Radiativo *(GC)	Geral *(GD)	Recicláveis *(GD)
20	Aférese	✓	✓					✓	✓
21	Ambulatório da Quimioterapia	✓	✓						
22	Posto de enfermagem (área de coleta de material p/exames).		✓					✓	✓
23	Posto de enfermagem	✓	✓					✓	✓
24	Consultório (1)	✓							
25	Consultório (2)	✓							
25	Consultório (3)	✓	✓						
27	Consultório Odontológico	✓	✓						
28	Ambulatório de Transfusão	✓	✓						
29	Ambulatório de Transfusão Infantil	✓							
30	Laboratório de Pesquisa (Cida)	✓	✓					✓	✓

* Classificação CONAMA (Res. No 283, 12 de Jul. 2001).

APÊNDICE 2

(Modelo de Planilha para a Tomada de Dados de Quantificação de RSS)



APÊNDICE 3

(Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos
Operacionais no Manejo Interno de RSSI)

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI .

QuadroA3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento de Saúde						
Operação (etapa do Ger.): Segregação						
Função: consiste em separar ou selecionar apropriadamente os resíduos, segundo uma classificação adotada. Esta operação deve ser realizada na fonte de geração						
Data: Folha No: 1/1						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
S.1.Todos os funcionários dos serviços de saúde devem ser capacitados para segregar adequadamente os resíduos e reconhecer o sistema de identificação (cores e símbolos) (ABNT, 1993c).	*Falta de capacitação dos funcionários do estabelecimento para segregar adequadamente os resíduos	*Quantificação da geração dos resíduos gerados pelo estabelecimento. *Inspeção do procedimento	*Aumento da quantidade de resíduos contaminados gerados.	II	C	Treinamento dos funcionários do estabelecimento quanto a segregação adequada dos resíduos.
S.2. Todo os resíduo no momento de sua geração, têm que ser acondicionados próximo ao local de geração, em saco plástico e identificado (ABNT, 1993c).	*Recipientes distantes do ponto de geração.	*Inspeção dos setores de geração.	*Mistura de resíduos com consequente aumento dos resíduos contaminados.	I	C	Identificar todos os pontos de geração de resíduos contaminados e dispor, o mais próximo possível os recipientes coletores identificados adequadamente, segundo as normas vigentes no país.
	*Recipientes e sacos plásticos identificados inadequadamente.	*Idem	**Mistura de resíduos com consequente aumento dos resíduos contaminados.	II	P	
S.3. As unidades geradoras têm que dispor de número suficiente de recipientes para cada tipo de resíduo(ABNT, 1993c).	*Ausência de recipiente no local de coleta para segregar um determinado tipo de resíduo.	*Inspeção dos setores de geração.	*Mistura de resíduos com consequente aumento dos resíduos contaminados.	I	C	*Identificar as fontes e os tipos de resíduos gerados e dispor os recipientes com capacidade adequada e devidamente identificados por tipo a ser segregado. *Quantificar os resíduos visando uma previsão correta do número de recipientes necessários.
	*Capacidade do recipiente inadequada para comportar a quantidade de resíduos gerados num determinado período de tempo	*Idem	*Prenchimento, acima da capacidade do recipiente podendo causar ruptura do sacos plásticos ou derramamento dos resíduos.	III	C	

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI .

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (continuação).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (Etapa do Ger.): Acondicionamento						
Função: Reduz a possibilidade de transmissão de doenças (formação de barreira). Além disso, protege os trabalhadores de lesões, reduz a possibilidade de exposição visual de resíduos anti-estéticos e facilita os procedimentos de manejo subsequente.						
Data: Folha No: ¼						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ac1. No manuseio, coleta interna e coleta externa de resíduos infectantes o funcionário deve usar equipamentos de proteção individual (EPI), tais como: gorro, óculos, máscara, uniforme, luvas e botas (ABNT, 1993c).	* Não utilização de EPI's.	*Inspeção do procedimento.	*exposição dos indivíduos responsáveis pela coletas aos resíduos contaminados	III	C	*Treinamento, para a conscientização dos indivíduos responsáveis pela coleta, sobre os riscos na manipulação dos resíduos *Fornecimento de EPI's adequados e em suficiente quantidade para todos os funcionários. *Fiscalização do uso dos EPI's.
Ac2. Os sacos deverão ser totalmente fechados, de tal forma a não permitir o derramamento do conteúdo, mesmo que virados com as bocas para baixo; uma vez fechados, precisam ser mantidos íntegros até o tratamento ou disposição final do resíduo (CETESB, 1997).	*Embalagens fechadas inadequadamente.	*Inspeção do procedimento.	*Derramamento dos resíduos causando a perda de containerização dos mesmos.	III	C	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta
Ac3. Todo recipiente tem que ser fechado quando 2/3 de sua capacidade estiverem preenchidos. Quando se tratar de resíduo de alta densidade, devem ser tomadas precauções de forma a evitar o rompimento do recipiente (ABNT, 1993c)	*Fechamento da embalagem, com preenchimento acima do recomendado. * Resíduos densos e uso de embalagens inadequadas para o tipo de resíduo.	* Inspeção do procedimento. *Idem	*Derramamento dos resíduos. *Idem	III III	P C	*Treinamento. *Identificar e quantificar os resíduos contaminados para definir corretamente o tipo de embalagem, capacidade, frequência de coleta.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI.

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (*continuação*).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (etapa do Ger.): Acondicionamento						
Função: Reduz a possibilidade de transmissão de doenças (formação de barreira). Além disso, protege os trabalhadores de lesões, reduz a possibilidade de exposição visual de resíduos anti-estéticos e facilita os procedimentos de manuseio						
Data: Folha No: 2/4						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ac4. Os recipientes de perfurantes e cortantes devem ser selados e embalados em sacos plásticos destinados a resíduos infectantes antes de sua remoção do ponto de geração (WHO, 1999).	*Não reembalagem dos contêineres de perfurantes e cortantes	*Inspeção do procedimento	*Dificuldades na manipulação dos recipientes (carga/descarga).	II	C	*Treinamento dos funcionários, responsáveis pela coleta, quanto aos procedimentos operacionais.
			*Acidente com o conteúdo do recipiente (no caso do mesmo se encontrar mal fechado ou romper com por excesso de carga).	III	C	
Ac5. Ao fechar o saco, deve-se retirar o excesso de ar, tomando o cuidado de não inalar ou se expor ao fluxo de ar produzido (ABNT, 1993c).	*Sacos fechados com uma grande quantidade de ar	*Inspeção dos setores de geração.	*Ocupam mais espaço no transporte interno e podem estourar quando submetidos ao empilhamento no transporte interno	III	C	*Treinamento dos funcionários quanto aos procedimentos operacionais.
Ac6. Após o fechamento, o recipiente deve ser retirado imediatamente da unidade geradora para armazenamento temporário (ABNT, 1993c)	*permanência dos contêineres de resíduos nos locais de geração, após seu fechamento e retirado do contêiner de suporte.	*Inspeção dos setores de geração.	*Degradação estética do local (causa repugnância às pessoas).	II	P	*Treinamento dos funcionários quanto aos procedimentos operacionais.
			*Os resíduos podem conter líquido e estes podem derramar.	III	P	

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI .

Quadro A3.1 Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (*continuação*).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (etapa do Ger.): Acondicionamento						
Função: Reduz a possibilidade de transmissão de doenças (formação de barreira). Além disso, protege os trabalhadores de lesões, reduz a possibilidade de exposição visual de resíduos anti-estéticos e facilita os procedimentos de manuseio						
Data: Folha No: 3/4						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ac7. O resíduo infectante pertencente ao grupo A3(resíduo patológico) (ABNTb, 1993) tem que ser acondicionado separadamente, em sacos, conforme especifica a NBR 9190).	*Exposição desnecessária deste tipo de resíduo, embalando-os em recipientes, os quais permitam a observação visual do conteúdo dos mesmos.	*Inspeção da operação	*Degradação estética	III	P	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela segregação. *Atenção do estabelecimento gerador na adequação das embalagens aos tipos de resíduos.
Ac8. Utilizar a embalagem adequada, evitando-se a falta de sacos por falha no fornecimento. Assim, há que se manter sempre um estoque de segurança compatível com a oferta do mercado e com o sistema de compras do estabelecimento (CETESB, 1997).	*Quantidade de sacos plásticos insuficientes para a reposição durante a coleta, ou em uma situação de emergência.	*Inspeção dos estoques de recipientes utilizados na embalagem dos resíduos.	*Sobrecarga das embalagens que encontram-se em uso, *Segregação inadequada, *Acúmulo de resíduos nos setores de geração.	II II II	P P P	*Planejar corretamente o número de embalagens de acordo com as características (densidade) dos resíduos, geração e frequência de coleta.
Ac9. Recomenda-se a utilização de dupla embalagem (um saco contendo um ou mais sacos) para resíduos de áreas altamente infectadas (como unidades de isolamento ou laboratório) (CETESB, 1997).	*Utilização das embalagens de forma inadequada em áreas potencialmente infectantes.	*Inspeção do setor de geração.	*Os resíduos podem apresentar alta densidade e romper as embalagens simples. * Contaminação da parte externa da embalagem (embalagem com defeito).	III III	C C	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta na execução dos procedimentos operacionais.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI .

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (*continuação*).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (etapa do Ger.): Acondicionamento						
Função: Reduz a possibilidade de transmissão de doenças (formação de barreira). Além disso, protege os trabalhadores de lesões, reduz a possibilidade de exposição visual de resíduos anti-estéticos e facilita os procedimentos de manuseio						
Data: Folha No: 4/4						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO.	Ações corretivas
Ac10. Se houver contaminação do lado externo do saco plástico, utiliza-se um segundo saco para a embalagem dos resíduos (EPA, 1992);	*Retirada e transporte de embalagens rompidas sem posterior rembalagem.	*Pode, eventualmente ser detectada pelo operador.	Contaminação da área física do local de geração, entre outras áreas (piso, parede, contêiner de suporte) e até do operador, caso este não esteja fazendo uso adequado de EPI's.	III	P	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta na execução dos procedimentos operacionais.
Ac11. Pêrfuros-cortantes, independente de estarem ou não contaminados, devem ser acondicionados, previamente, em recipiente rígido, vedado e identificado com o símbolo de substância infectante (CONAMA, 1997).	*Acondicionamento de perfurantes e cortantes em embalagens inadequadas.	*Inspeção do setor de geração.	*Acidentes com lesões, atingindo principalmente os membros superiores e inferiores	III	C	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta na execução dos procedimentos operacionais.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI.

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (continuação).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (etapa do Ger.): Coleta interna						
Função: Transladar os resíduos de forma segura e rápida a partir da fonte de geração até o lugar de destino para sua armazenagem temporária						
Data: Folha No: 1/3						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ci1. A coleta interna deve ser realizada, de acordo com às necessidades da unidade geradora, no que se refere à frequência, horário e demais exigências do serviço (ABNT, 1993).	*Coleta dos resíduos fora do horário estabelecido para a coleta.	*Inspeção dos setores de geração.	*Onera os custos de insumos. *Atrapalha o fluxo normal do estabelecimento	I II	P C	*Planejar a coleta de acordo com a quantidade de resíduos gerados nos setores, bem como frequência de coleta e tamanho de contêineres.
Ci2. Os procedimentos têm que ser realizados de forma a não permitir o rompimento dos recipientes. No caso, de acidente ou derramamento, deve-se imediatamente realizar a limpeza e desinfecção simultânea do local e notificar a chefia da unidade (ABNT, 1993c).	*Dano físico à integridade da embalagem contendo resíduos infectantes.	*Inspeção da operação.	*Derramamento dos resíduos e contaminação da área física do local de geração, entre outras áreas (piso, parede, contêineres de suporte) e até do operador, caso este não esteja fazendo uso adequado de EPI's.	III	C	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta na execução dos procedimentos operacionais.
Ci3. O transporte dos recipientes deve ser realizado sem esforço excessivo ou risco de acidente para o funcionário (ABNT, 1993c)	*Carregamento dos carrinhos de transporte interno ou recipientes com carga acima de suas capacidades.	*Inspeção da operação.	*Rompimento das embalagens, devido ao empilhamento.	III	C	*Aquisição de carrinhos e contêineres que garantam a integridade das embalagens primárias (sacos plásticos), dimensionamento adequado dos mesmos de acordo com a geração de resíduos do estabelecimento.
Ci4. A coleta interna deve observar as normas de segregação (ABNT, 1993).	*Mistura entre resíduos comuns e contaminados.	**Inspeção da operação.	*Aumento da quantidade de resíduos contaminados.	II	C	*Treinamento dos funcionários responsáveis pela coleta na execução dos procedimentos operacionais de transporte interno.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI.

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (continuação).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (etapa do Ger.): Coleta interna						
Função: Transladar os resíduos de forma segura e rápida a partir da fonte de geração até o lugar de destino para sua armazenagem temporária						
Data: Folha No: 2/3						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ci5. Para o deslocamento manual, os recipientes contendo resíduos (recipientes lacrados) não devem exceder a 20 L de capacidade (ABNT, 1993c)	*Recipiente com capacidade superior ao permitido para esse tipo de operação.	*Inspeção do procedimento.	*Dificuldades de transporte; *Lesão dos membros inferiores do funcionário, devido à presença de materiais rígidos ou ponteados (não necessariamente agulhas hipodérmicas, entre outros).	II III	C P	*Evitar o transporte manual dos resíduos, se este for necessário utilizar sacos plásticos duplos.
Ci6. No transporte de recipiente contendo resíduos (recipientes lacrados) acima de 20 L, tem que ser usado o carro de coleta interna (ABNT, 1993c)	*Transporte manual de recipientes de resíduos com capacidade acima de 20 L.	*Inspeção do procedimento.	*Dificuldades de transporte; *Lesão dos membros inferiores do funcionário, devido à presença de materiais rígidos ou ponteados (não necessariamente perfurantes e cortantes).	II III	C P	*A administração do estabelecimento tem que se adequar às normas.
Ci7. Após a coleta interna, o funcionário deve lavar as mãos ainda enluvada, retirando as luvas e colocando-as em local apropriado. O funcionário deve lavar as mãos antes de calçar as luvas e depois de retirá-las (ABNT, 1993c).	* Não atendimento aos procedimentos mínimos de higiene pessoal, durante ou após a manipulação dos resíduos.	-	*Contaminação do funcionário.	III	C	*Treinamento dos funcionários responsáveis quanto ao procedimentos de higiene durante e após a coleta dos resíduos.
Ci8. O transporte de recipientes deve ser sempre realizada pelos carros de coleta interna (ABNT, 1993c).	*utilização de outros carrinhos que não os especificados para a operação	**Inspeção do procedimento.	*Possível contaminação dos materiais ou resíduos comuns transportados conjuntamente	II	C	*Destinação carrinhos, exclusivamente para o transporte de resíduos contaminados.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI.

Quadro A2.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (continuação).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento hospitalar						
Operação (etapa do Ger.): Coleta interna						
Função: Transladar os resíduos de forma segura e rápida a partir da fonte de geração até o lugar de destino para sua armazenagem temporária						
Data: Folha No: 3/3						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ci9. A coleta deve ser planejada com o menor percurso, sempre no mesmo sentido, sem provocar ruídos, evitando coincidência com os fluxos de pessoas, roupa limpa, alimentos e outros materiais (ABNT, 1993c)	*Falta de planejamento da coleta dos resíduos, atribuída à falta de conhecimento da sistemática de geração dos resíduos	*---	*Perturbação das atividades do estabelecimento.	II	P	*A administração do estabelecimento deve dispor de carrinhos para a execução da operação de coleta dos resíduos contaminados.
Ci10. Para a coleta interna de resíduos infectantes, o funcionário deve usar os seguintes EPI (s): gorro, óculos, máscara, uniforme, luvas, botas e avental impermeável (ABNT, 1993c)	*Não utilização de EPI's	*Inspeção dos procedimentos.	*Contato direto entre os resíduos contaminados e o operador.	III	C	*Treinamento dos operadores.
Ci11. OS veículos devem ser limpos e desinfetados diariamente com materiais de limpeza apropriados (WHO, 1999).	*Higienização inadequada de carrinhos e utensílios utilizados na coleta dos resíduos.	*Despreendimento de maus odores nas proximidades dos carrinhos e utensílios.	*Contaminação dos locais aonde ocorre a circulação dos carrinhos.	III	C	*O estabelecimento deve dispor de áreas adequadas para a higienização dos utensílios e carrinhos. *Treinamento dos funcionários.
Ci12. Os carros de resíduos não deverão ser deixados em corredores ou áreas de acesso ao público ou pacientes. Os carros ficarão, quando fora da unidade, na área de lavagem e higienização; quando dentro da unidade, permanecerão na sala de material sujo (sala de resíduos) (CETESB, 1997);	*Descaso com materiais, utensílios e carrinhos utilizados nos procedimentos de coleta.	*Inspeção da operação	*Utilização inadequada dos materiais, utensílios e carrinhos por pessoas leigas. *Perturbação do fluxo normal de circulação do estabelecimento	II I	P P	* O estabelecimento deve dispor de áreas adequadas para a guarda de materiais, utensílios e carrinhos utilizados na coleta de resíduos contaminados.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI.

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (continuação).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento de saúde						
Operação (etapa do Ger.): Armazenamento						
Função: Guarda temporária de resíduos, que precede a remoção pela coleta municipal ou tratamento prévio						
Data: Folha No: 1/3						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Ari1. O recipiente tem que ser armazenado de acordo com as normas de segregação, de forma ordenada, pelo período mais curto possível (máximo de 8 horas) e evitando empilhamento (máximo de 1,2 m de altura) (ABNT, 1993c)	*Empilhamento dos recipientes. *Armazenagem por tempo superior ao sugerido na norma.	*Inspeção do abrigo de resíduos e do procedimeto.	*rompimento da embalagem. *Decomposição dos resíduos.	III III	P P	*Os resíduos contaminados devem ser armazenados em contêineres, tampados, designados somente para este fim. Com capacidade adequada, de modo a serem respeitadas as normas de empilhamento máximo dos sacos de resíduos.
Are2. Os resíduos devem ser armazenados de acordo com as normas de segregação e de forma ordenada (ABNT, 1993c).	*Contato entre resíduos contaminados com os demais resíduos.	*Inspeção do abrigo de resíduos e do procedimeto.	*Aumento da quantidade de resíduos contamiandos.	III	P	* Os resíduos contaminados devem ser armazenados em contêineres, tampados, designados somente para este fim. Com capacidade adequada, de modo a serem respeitadas as normas de empilhamento máximo dos sacos de resíduos.
Are3. Os recipientes contendo os resíduos (recipientes lacrados) devem ser armazenados no abrigo de resíduos mesmo quando dispostos em contêineres (ABNT, 1993c – NBR 12.809).	*Disposição de resíduos contaminados, mesmo embalados fora do local de armazenagem temporária	*Inspeção do procedimeto	*Acesso de pessoas ou animais aos resíduos contaminados	III	P	*O estabelecimento deverá dispor de uma área adequada para a guarda temporária dos resíduos.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI .

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (continuação).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento de saúde						
Operação (etapa do Ger.): Armazenamento						
Função: Guarda temporária de resíduos, que precede a remoção pela coleta municipal ou tratamento prévio						
Data: Folha No: 2/3						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Are4. O acesso do caminhão de coleta municipal deverá ser facilitado, prevendo-se espaço suficiente para manobras junto ao local (CETESB, 1997).	Acesso de veículos para a coleta externa dificultado por falta de planejamento de espaço adequado.	-	*Coleta manual dos resíduos contaminados, pelos funcionários envolvidos na coleta externa. *Danos das instalações, durante a retirada dos resíduos	III II	P C	*O estabelecimento deve atentar para esse detalhe no planejamento e construção de áreas para a armazenagem temporária dos resíduos contaminados.
Are5. O acesso ao abrigo é restrito aos funcionários da coleta interna e coleta externa (coleta municipal) (ABNT, 1993c).	*Abrigo de resíduos sem condições seguras para a guarda dos resíduos.	*Inspeção do abrigo de resíduos.	*Violação das embalagens.	III	P	*Construção do abrigo, atendendo as normas mínimas para esses locais.
Are6. Não deve ser admitida a permanência de resíduos que não estejam devidamente acondicionados em sacos plásticos (ABNT, 1993c).	Embalagens de resíduos danificadas ou violadas	*Observação das embalagens pelo funcionário responsável pela coleta, quando da disposição dos resíduos no abrigo de resíduos.	*Derramamento de resíduos.	III	C	*Armazenagem dos resíduos contaminados em contêineres secundários devidamente tampados. *Reembalagem imediata dos recipientes danificados ou violados.

APÊNDICE 3: Planilha de Registro de Procedimentos e Falhas de Procedimentos Operacionais no Manejo Interno de RSSI .

Quadro A3.1: Planilha de dados para registro de procedimentos e falhas de procedimentos operacionais (*continuação*).

Sistema ou sub-sistema (uni./área): Estabelecimento de saúde						
Operação (etapa do Ger.): Armazenamento						
Função: Guarda temporária de resíduos, que precede a remoção pela coleta municipal ou tratamento prévio						
Data: Folha No: 3/3						
Procedimento	Falha	Métodos de detecção	Consequência	SC	PO	Ações corretivas
Are7. Todo abrigo deve ter uma área de lavagem e higienização dos carros utilizados no transporte de resíduo(CETESB, 1997).	*Higienização dos carrinhos de coleta de resíduos em locais inadequados	-	Contaminação do local utilizado para a execução do procedimento de limpeza de carrinhos utilizados na coleta de resíduos contaminados	III	C	*O estabelecimento deve dispor de uma área adequada a execução do procedimento.
Are.8. O abrigo de resíduos não deve ser utilizado para a guarda ou permanência de utensílios, materiais, equipamentos de limpeza ou qualquer outro objeto. A guarda de materiais e utensílios para a higienização do abrigo deve ser feita em local próprio, anexo a este (ABNT, 1993c).	*Guardar ou manter utensílios e materiais ou qualquer outra coisa dentro do abrigo de resíduos contaminados.	*Inspeção da local	*contaminação dos materiais e utensílios	II	C	**Treinamento dos funcionários envolvidos na execução do procedimento.
Are.9. Para entrar no abrigo os funcionários devem utilizar os mesmos EPI's da coleta interna (ABNT, 1993c).	*Não utilização de EPI's	*Inspeção dos procedimentos executados pelos operadores.	*Doenças ocupacionais.	III	C	*Treinamento dos funcionários envolvidos na execução do procedimento.

APÊNDICE 4

(Calibração de Termopares)

METODOLOGIA DE CALIBRAÇÃO DOS TERMOPARES

Inicialmente o conjunto (termopares/indicador de temperatura) foi calibrado empregando-se um banho termostático (marca: LAUDA VB 40) e como referência termômetros de mercúrio calibrados e certificados. Contudo, em decorrência das limitações do fluido utilizado no banho termostático (água) o conjunto só pode ser calibrado até a temperatura de 90 °C. Desta forma, o conjunto (termopares/indicador de temperatura) foi calibrado para a faixa das temperaturas de trabalho (140 °C e 160 °C) empregando-se o calibrador UNOMAT (modelo: TRX), simulador de temperatura, calibrado RBC. Os resultados foram obtidos a partir da média entre duas leituras para cada termopar. Nas Figuras (A4.1) a (A4.5) são mostradas as curvas de calibração para cada termopar e para os dois métodos de calibração.

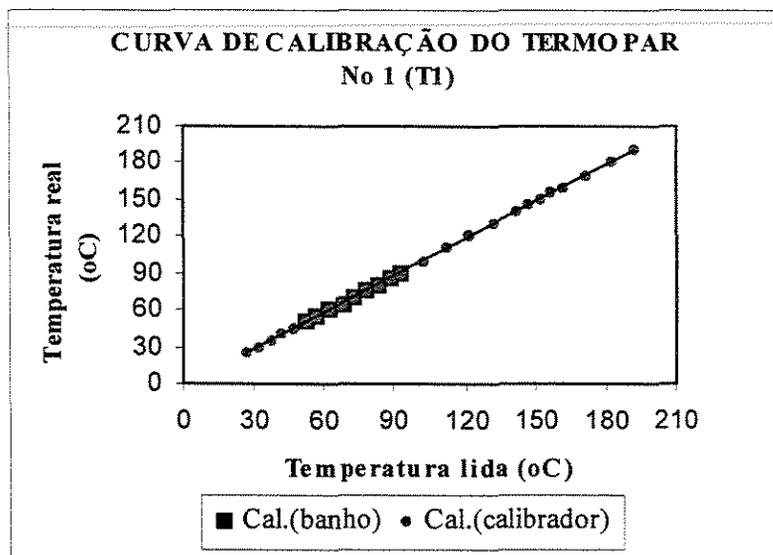


Figura A4.1: Curva de calibração_ termopar no.1/indicador de temperatura.

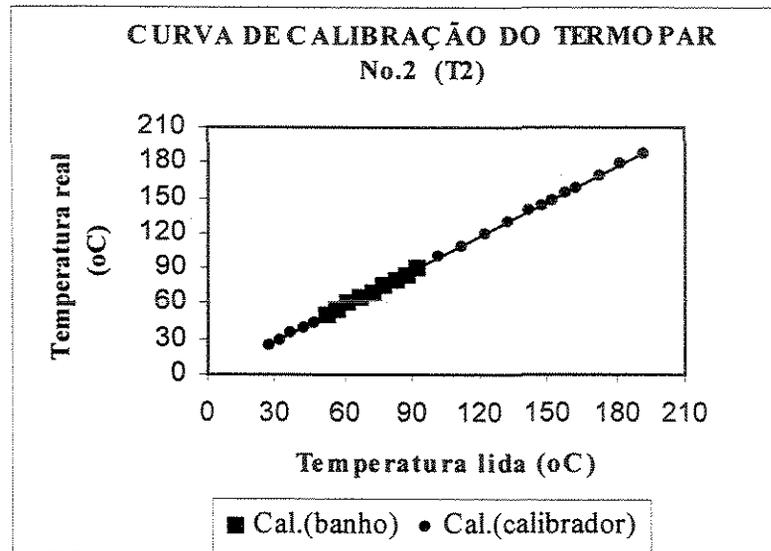


Figura A4.2: Curva de calibração_ termopar no.2/indicador de temperatura.

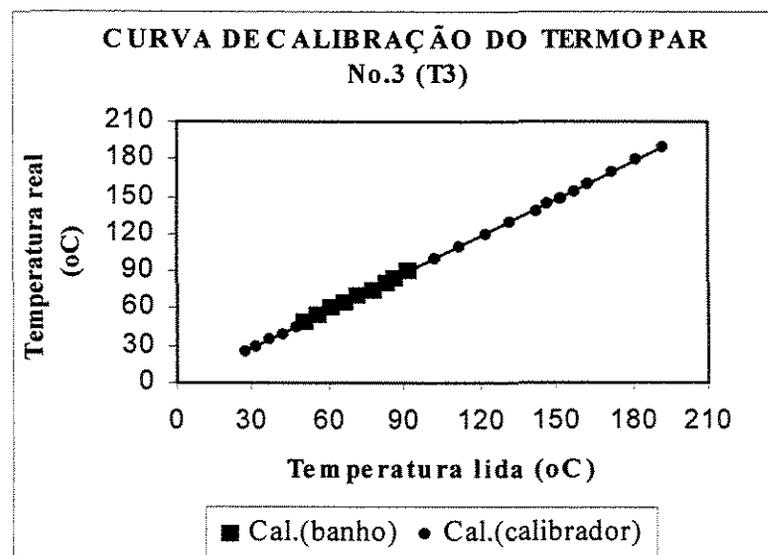


Figura A4.3: Curva de calibração_ termopar no.3/indicador de temperatura

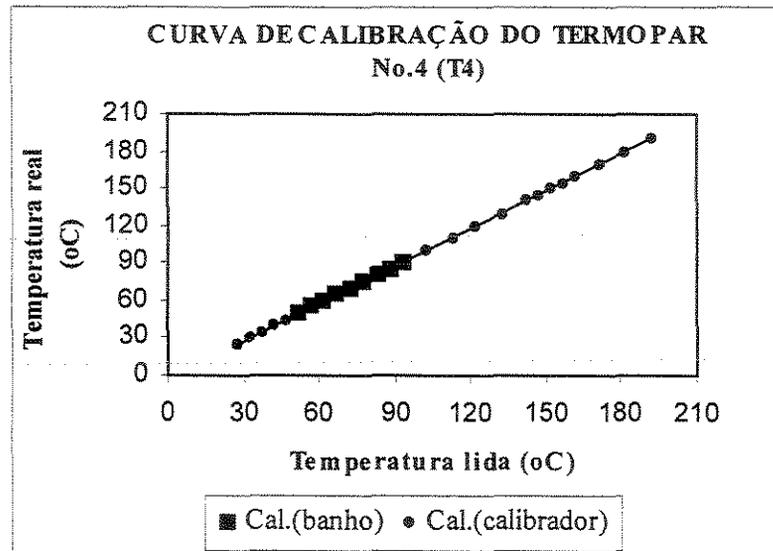


Figura A4.4: Curva de calibração_ termopar no.4/indicador de temperatura

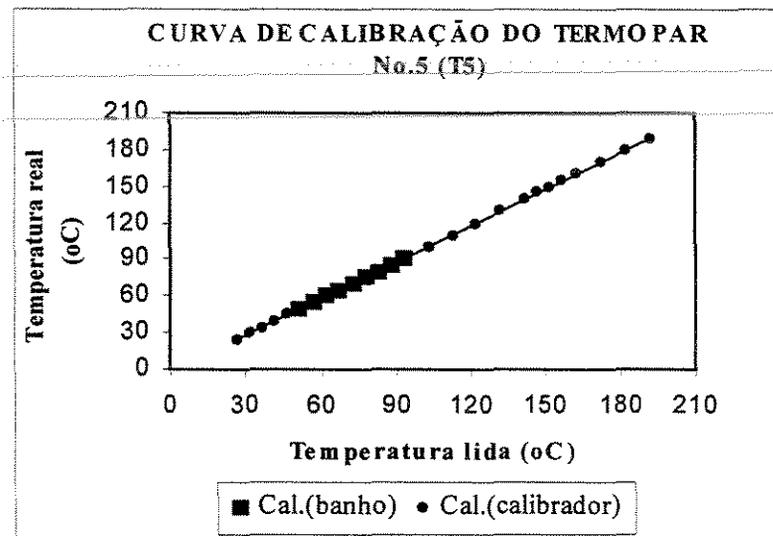


Figura A4.5: Curva de calibração_ termopar no.5/indicador de temperatura

Na Tabela A3.1 mostra-se as equações obtidas mediante análise de regressão ajustadas aos dados experimentais, enquanto Na Tabela A3.2, mostra-se os valores simulados e os calculados pela equações de calibração. Os desvios obtidos para a leitura real da temperatura, utilizando-se o conjunto (termopares/indicador de temperatura) foi de 2 °C, para menos.

Tabela A4.1: Equações obtidas a partir de análise de regressão para as curvas de calibração do conjunto (termopares/indicador de temperatura)

No. do termopar	Regressão linear	R
No. 1 (T1)	$Y = 1,0016X - 2,3741$	0,9999
No. 2 (T1)	$Y = 1,0014X - 2,3288$	0,9999
No. 3 (T1)	$Y = 1,0016X - 2,3741$	0,9999
No. 4 (T1)	$Y = 1,0023X - 2,5196$	0,9999
No. 5 (T1)	$Y = 1,0019X - 2,4974$	0,9999

Tabela A4.2: Valores calculados a partir das equações de regressão da Tabela A4.1.

$T(^{\circ}\text{C})$ real	$T(^{\circ}\text{C})$ (Calculada)				
	No. 1 (T1)	No. 2 (T2)	No. 3 (T3)	No.4 (T4)	No. 5 (T5)
	45	43	43	43	43
50	47	47	47	47	47
55	53	53	53	53	53
60	58	58	58	58	58
65	63	63	63	63	63
70	68	68	68	68	68
75	73	73	73	73	73
80	78	78	78	78	78
85	83	83	83	83	83
90	88	88	88	88	88
100	98	98	98	98	98
110	108	108	108	108	108
120	118	118	118	118	118
130	128	128	128	128	128
140	138	138	138	138	138
145	143	143	143	143	143
150	148	148	148	148	148
155	153	153	153	153	153
160	158	158	158	158	158
170	168	168	168	168	168
180	178	178	178	178	178
190	188	188	188	188	188

Nota: o indicador de temperatura só mostra número inteiro.

APÊNDICE 5

(Metodologia de cálculo da vazão do ar de secagem)

METODOLOGIA DE CÁLCULO DA VAZÃO DO AR DE SECAGEM

As medidas da vazão do ar de secagem foram obtidas empregando-se um medidor de placa de orifício diâmetro da placa igual a 10cm e diâmetro do orifício igual a 20 mm. A leitura da queda de pressão medida na placa de orifício foi realizada utilizando-se um painel de manômetros em U, contendo água como fluido manométrico. A equação de OWER e PANKHURST (1977) para fluxo gasoso foi utilizada para a obtenção dos valores da vazão do ar de secagem.

Equação de OWER e PANKHURST (1977):

$$Q_m = k \cdot \varepsilon \cdot \alpha \cdot a_2 \sqrt{\frac{1}{1-m^2} (\Delta h_p)} \frac{b}{k_1 + T}$$

Onde:

Q_m = vazão mássica (kg/min.);

$\varepsilon = 1 - \beta \frac{\Delta h_p}{P_1}$ (fator de compressibilidade);

$\beta = 0,3041 + 0,0876m - 0,1166 m^2 + 0,4089m^3$ (ADM)

P_1 = pressão estática a montante da placa de orifício (cmH₂O);

$\alpha = 0,5959 + 0,0312m^{1,05} - 0,184m^4$ (coeficiente de descarga) (ADM);

Δh_p = queda de pressão na placa de orifício (cm H₂O);

b = pressão barométrica local (mmHg);

T = temperatura do ar (°C);

$m = \frac{a_2}{a_1}$ (ADM);

a_1 = área do tubo (cm²);

a_2 = área do orifício (cm²);

$k = 0,0573$ (constante de correção de unidades) (ADM) e

$k_1 = 273,15$ K.

Na Figura A5.1, mostra-se a curva de vazão do ar de secagem versus ΔP , enquanto na Tabela A5.1 são mostrados os valores da vazão do ar de secagem calculados.

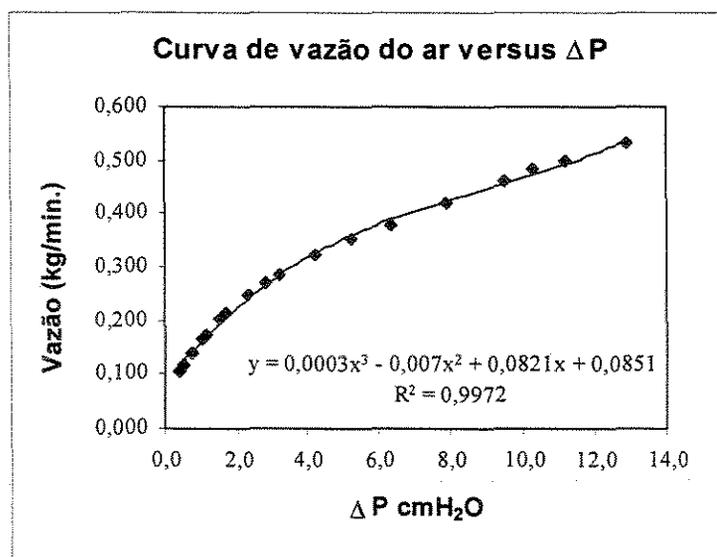


Figura A5.1: Curva de vazão do ar de secagem versus ΔP .

Tabela A5.1: Valores da vazão do ar de secagem

($T = 28\text{ }^\circ\text{C}$, $b = 760\text{ mmHg}$; $a_1 = 20,1\text{ mm}$ e $a_2 = 50,8\text{ mm}$.)

Δh_p (cmH_2O)	P_1 (cmH_2O)	Q_m (kg/min.)
0,400	1,900	0,103
0,500	2,400	0,115
0,700	4,300	0,139
1,000	5,500	0,165
1,100	7,000	0,174
1,500	8,200	0,202
1,700	9,200	0,215
2,300	10,000	0,246
2,800	10,800	0,268
3,200	12,300	0,287
4,200	12,900	0,321
→ 5,200	14,100	0,351
6,300	15,200	0,380
7,900	18,100	0,422
9,500	20,300	0,461
→ 10,300	22,300	0,482
11,200	23,300	0,499
12,900	25,800	0,532

APÊNDICE 6

(Padronização da Determinação de Conteúdo de Umidade)

PADRONIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO DE CONTEÚDO DE UMIDADE

Neste trabalho devido ao caráter perigoso das amostras analisadas (Resíduos de Serviços de Saúde Infectantes), optou-se por realizar a determinação do conteúdo de umidade das amostras empregando-se uma balança determinadora de umidade, pois trata-se de um equipamento de pequeno porte e poderia ser colocada dentro de uma capela durante a realização da análise da amostra, evitando dessa forma a exposição do operador e demais pessoas (usuárias do laboratório) à possíveis emissões liberadas das amostras.

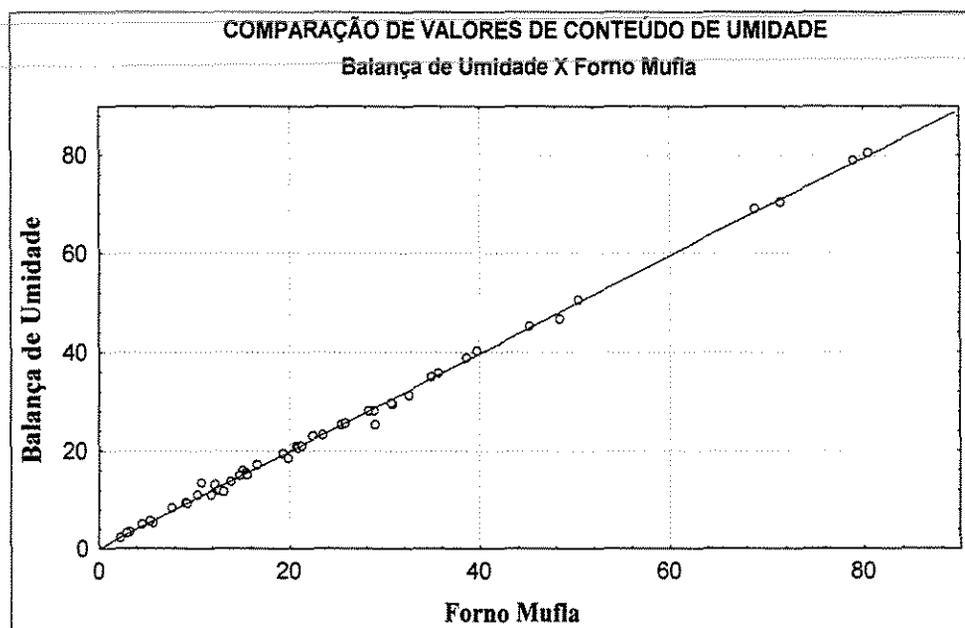
Foi utilizada uma balança determinadora de umidade: Marca MARTE e Modelo: ID50, capacidade 50g, precisão $\pm 0,01\%$ ou 0,001g. Contudo, este tipo de equipamento apresenta um grande número de possibilidades para a determinação do conteúdo de umidade, com relação aos parâmetros tempo e temperatura, assim, cabe ao operador adequar tais parâmetros às características da amostra a ser analisada.

Após testes preliminares de verificação, principalmente da resistência térmica do material foram obtidos resultados satisfatórios para as seguintes condições: 105 °C e tempo variável (até peso constante da alíquota da amostra). Esta condição foi válida para qualquer massa de amostra, a partir de 3g (limite mínimo de massa a ser utilizada no equipamento). Esta foi oficialmente a metodologia empregada nesta pesquisa.

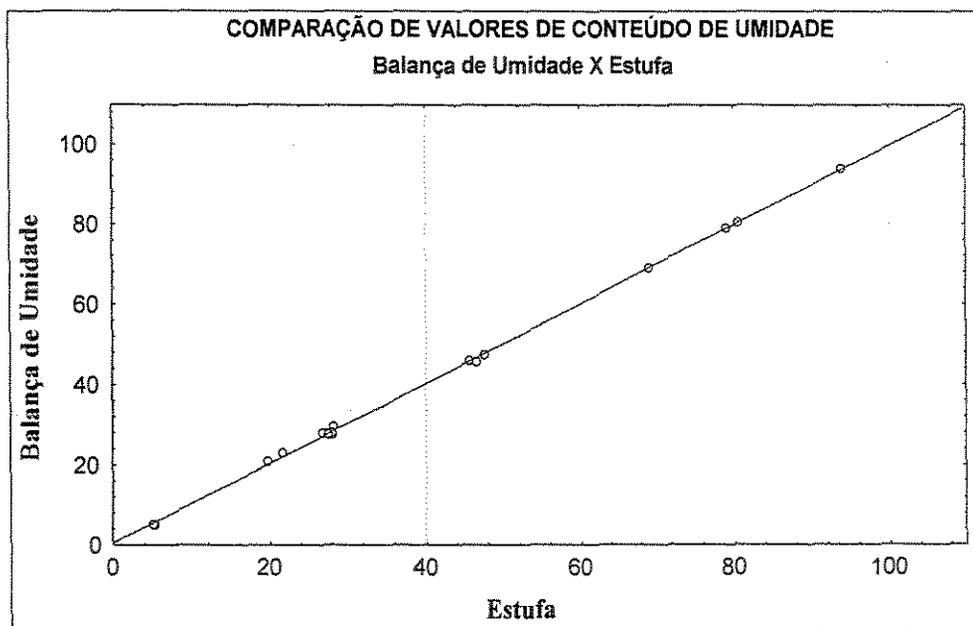
Contudo, na determinação de teor de sólidos voláteis e cinzas das amostras (realizada em forno tipo mufla, Marca FLYEVER e modelo: FE30) a etapa inicial da análise se constitui na secagem da amostra e posterior calcinação até cinzas. Em termos de manipulação da amostra era mais adequado realizar todas as etapas da análise no forno mufla. Assim, através de testes preliminares a metodologia de determinação do conteúdo de umidade no forno mufla foi ajustado à metodologia de determinação na balança de umidade, pois a determinação dos parâmetros conteúdo de umidade, teor de sólidos voláteis e teor de cinzas representam um balanço de massa da amostra investigada. Resultados satisfatórios foram obtidos para amostras submetidas à secagem no forno mufla à temperatura de 105 °C durante 04 horas.

As duas metodologias utilizadas na determinação do conteúdo de umidade das amostras foram comparadas com a metodologia padrão de determinação de conteúdo de umidade em estufa à temperatura de 105 °C durante 24h. Empregou-se o seguinte equipamento: estufa com circulação de ar forçado: Marca TECNAL e Modelo: TE 394/1. Os resultados foram obtidos a partir da determinação paralela da mesma amostra nos diferentes equipamentos. Amostras foram analisadas em triplicata na balança de umidade e em duplicata na estufa e no forno mufla. A determinação na estufa consistiu de um número reduzido de amostras devidos aos motivos já mencionados.

Nas Figuras A6.1 e A6.2 são mostradas, respectivamente a comparação entre resultados obtidos na balança determinadora de umidade e forno mufla e balança determinadora de umidade e estufa. Os dados foram justados com um limite de confiança de 95%, como pode ser observado houve uma boa concordância entre os dados experimentais, pois estes estão bem distribuídos em torno da linha que representa o modelo de ajuste dos dados.



Figuras A6.1: Comparação de valores de conteúdo de umidade obtidos na balança de umidade e no forno mufla, onde a linha representa o modelo ajustado aos dados (regressão linear, $r^2 = 0,9979$) e os pontos os dados experimentais.



Figuras A6.2: Comparação de valores de conteúdo de umidade obtidos na balança de umidade e na estufa, onde a linha representa o modelo ajustado aos dados (regressão linear, $r^2 = 0,9994$) e os pontos os dados experimentais.

APÊNDICE 7

(Curvas de Secagem e Curvas de Temperatura x Tempo de RSS “tipo”.)

Tabela A7.1: Condições dos ensaios do estudo de cinética de secagem.

Nº do Ensaio	Q_m (kg/min)	T (°C)	X_i (%bs)
E1	0,345	140	10,5
E3	0,471	140	12,0
E4	0,345	160	10,7
E9	0,471	160	11,3
E2	0,345	140	36,7
E12	0,471	140	38,1
E11	0,345	160	38,1
E10	0,471	160	37,8
E5	0,345	140	89,3
E7	0,471	140	89,0
E6	0,345	160	88,1
E8	0,471	160	83,0

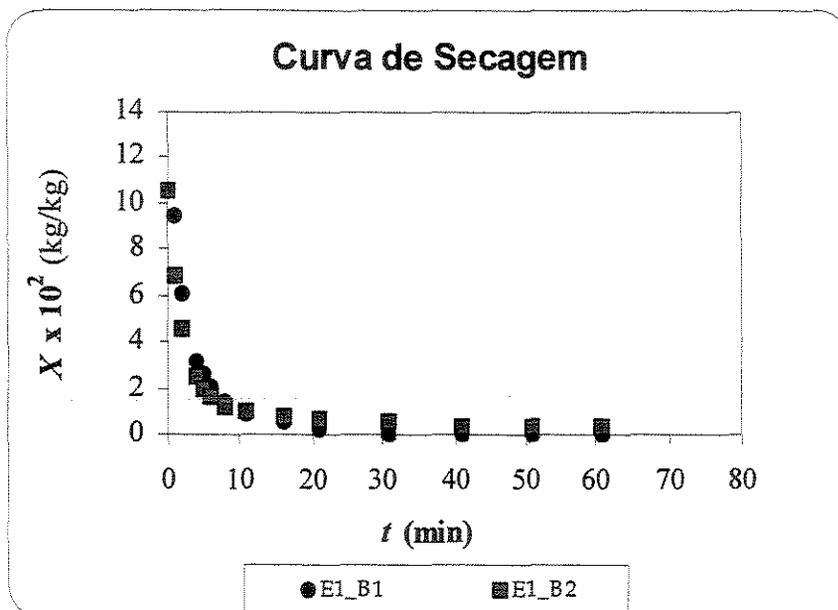


Figura A7.1: Curva de secagem para o ensaio E1
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C $X_i = 11\%$ bs).

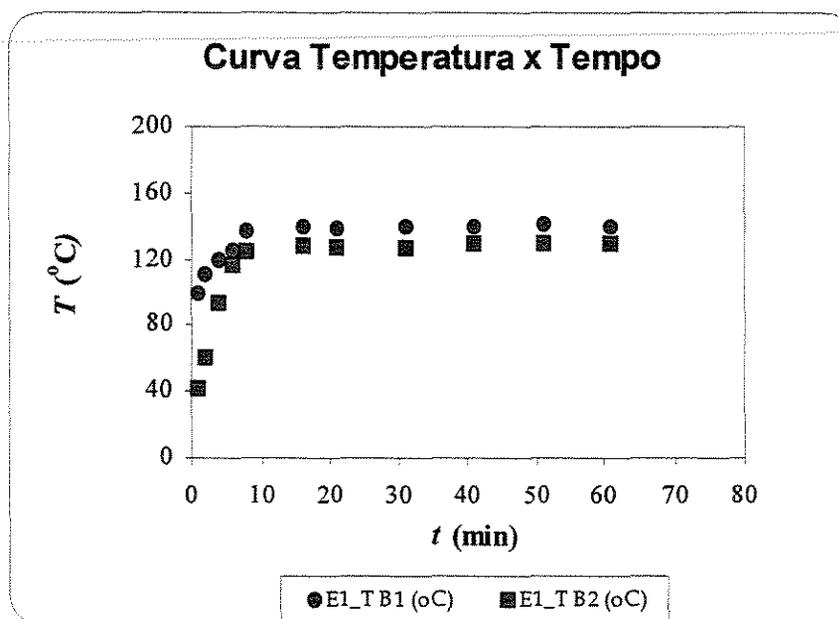


Figura A7.2: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E1
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C $X_i = 11\%$ bs).

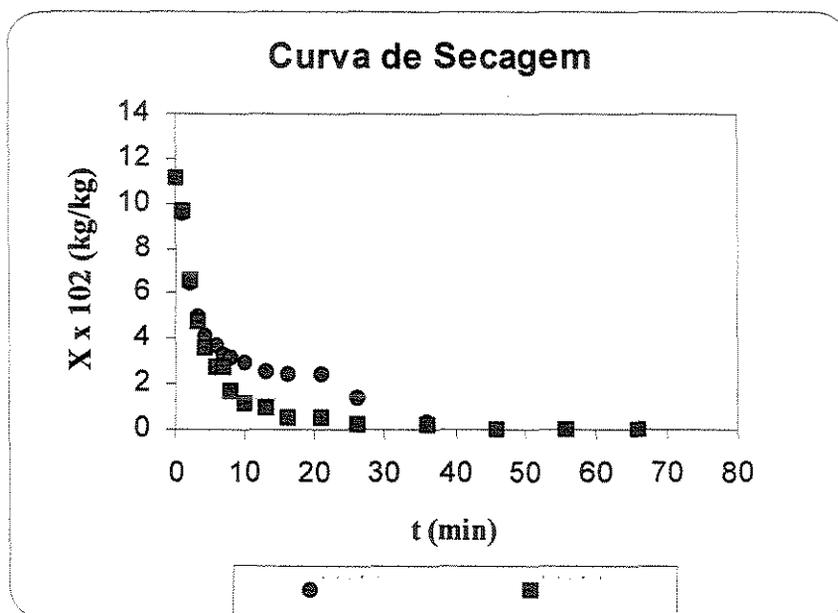


Figura A7.3: Curva de secagem, para o ensaio E3
($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 11\%$ bs).

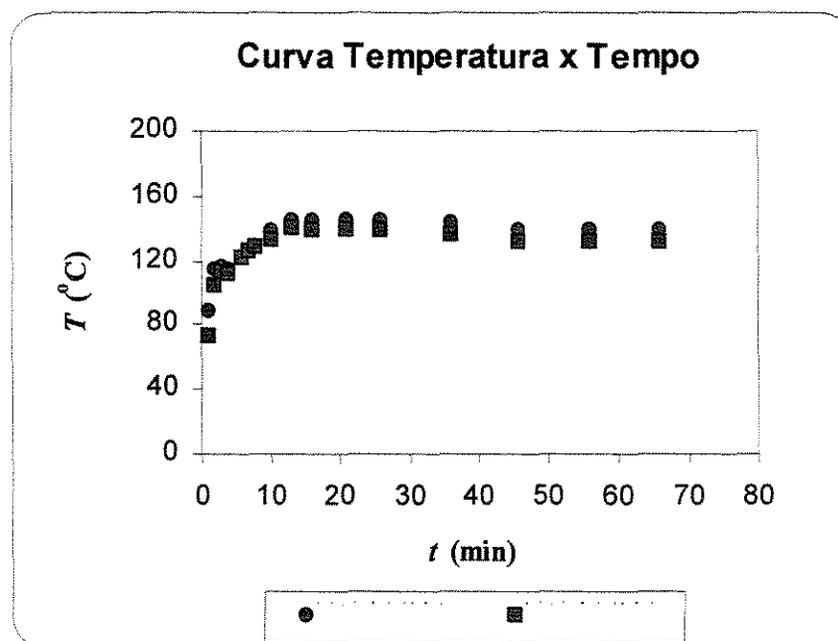


Figura A7.4: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E3
($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 11\%$ bs).

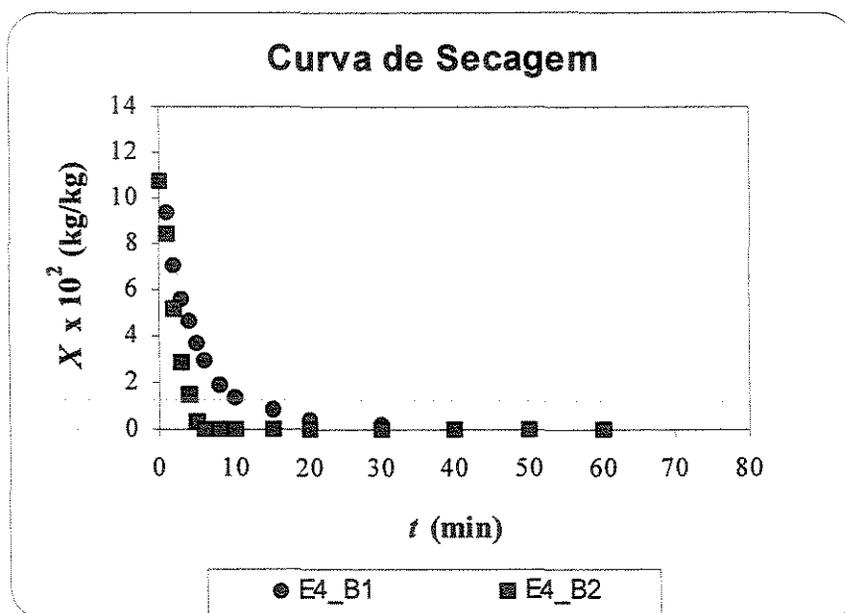


Figura A7.5: Curva de secagem para o ensaio E4
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 11\%$ bs).

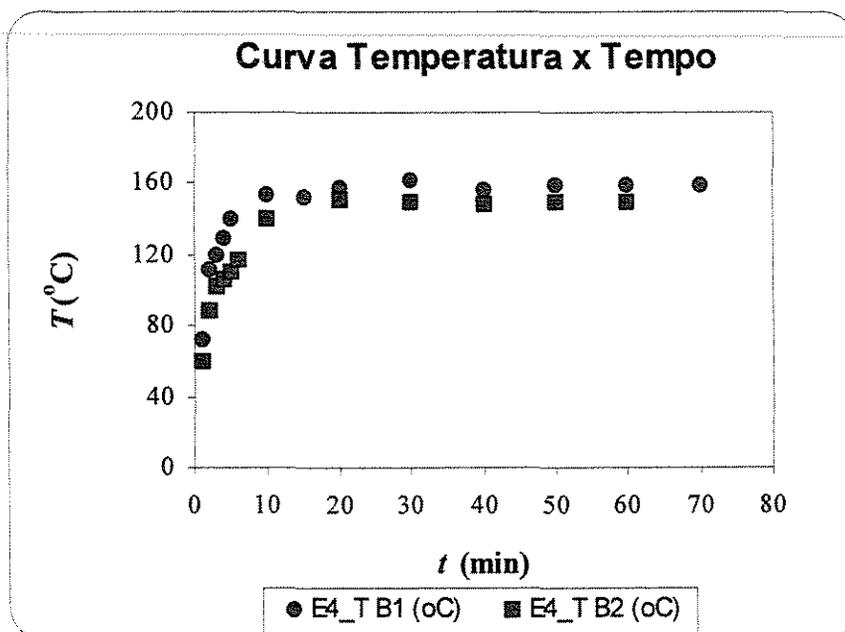


Figura A7.6: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E4
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 11\%$ bs).

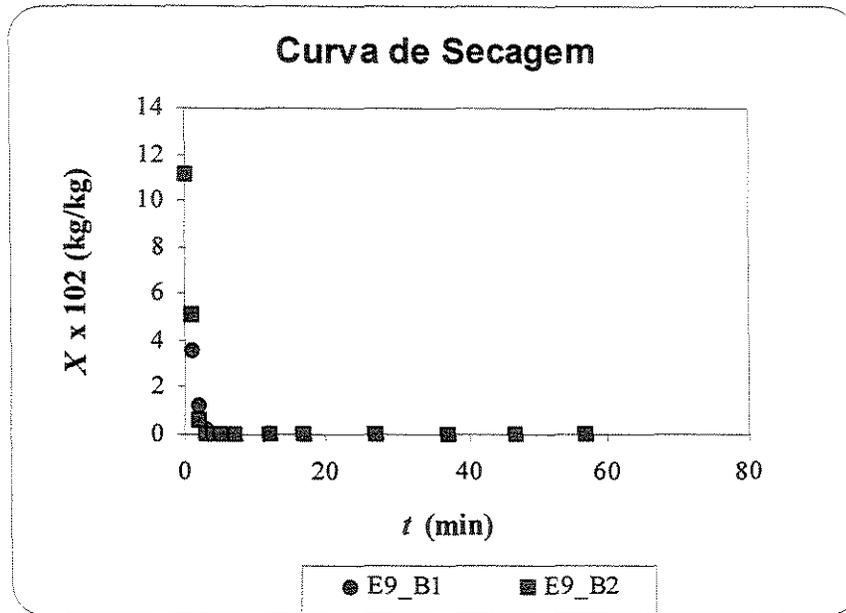


Figura A7.7: Curva de secagem para o ensaio E9
 ($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 11\%$ bs).

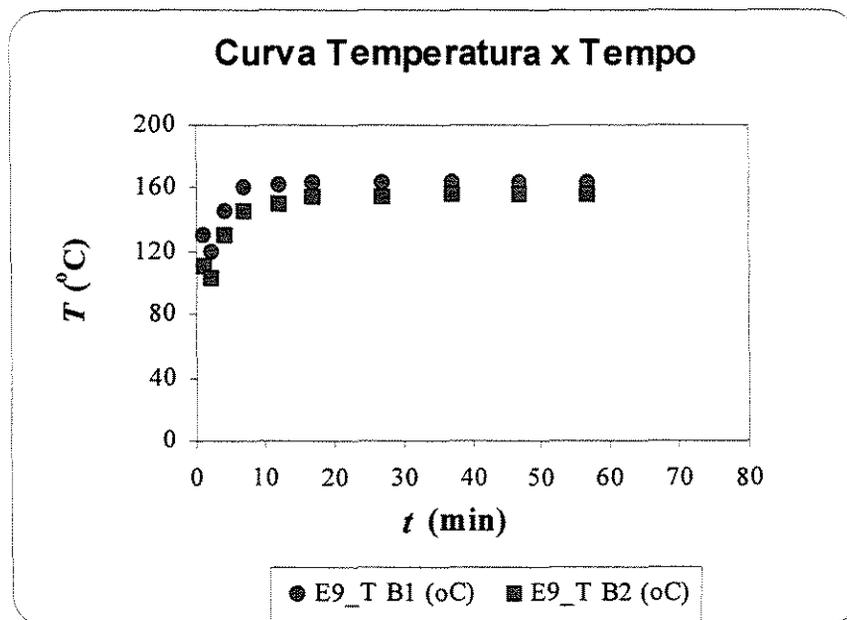


Figura A7.8: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E9
 ($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 11\%$ bs).

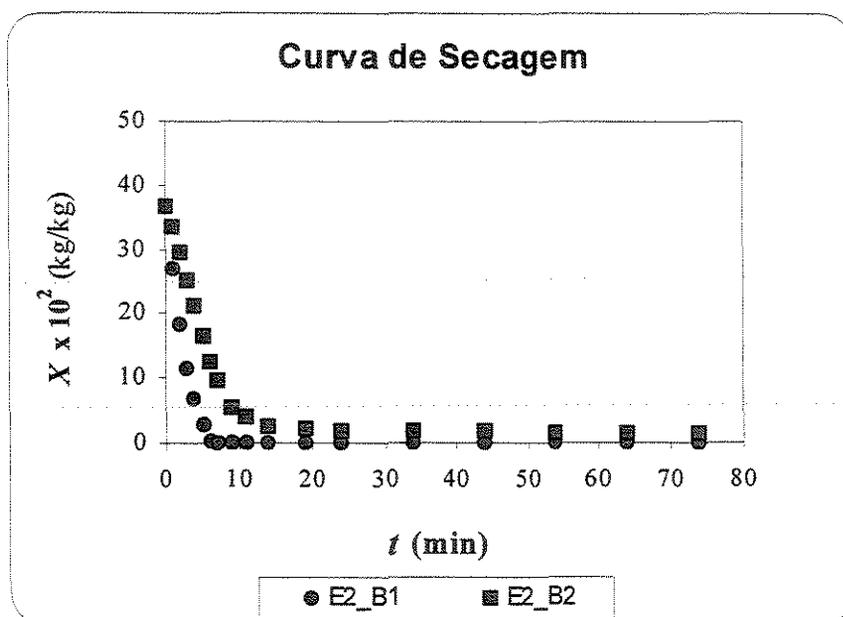


Figura A7.9: Curva de secagem para o ensaio E2
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

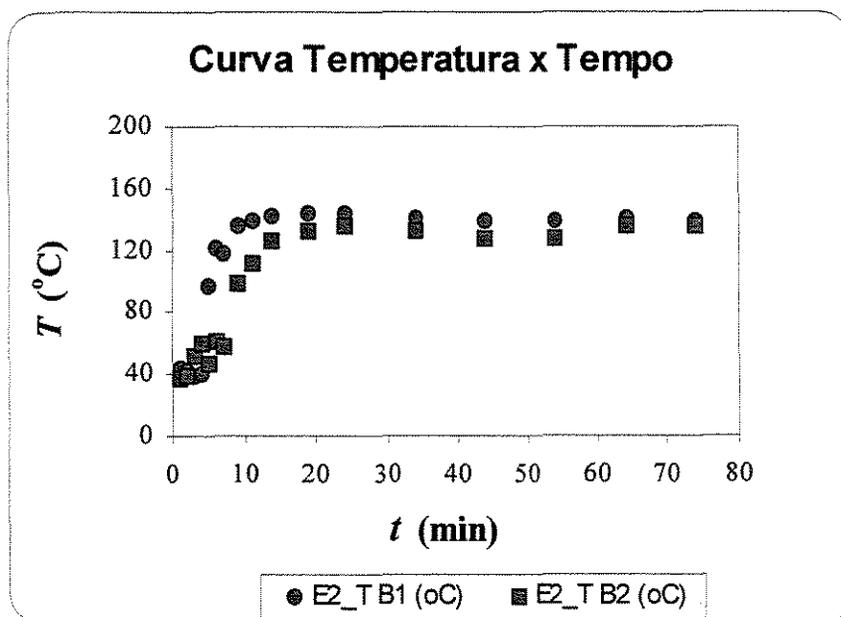


Figura A7.10: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E2
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

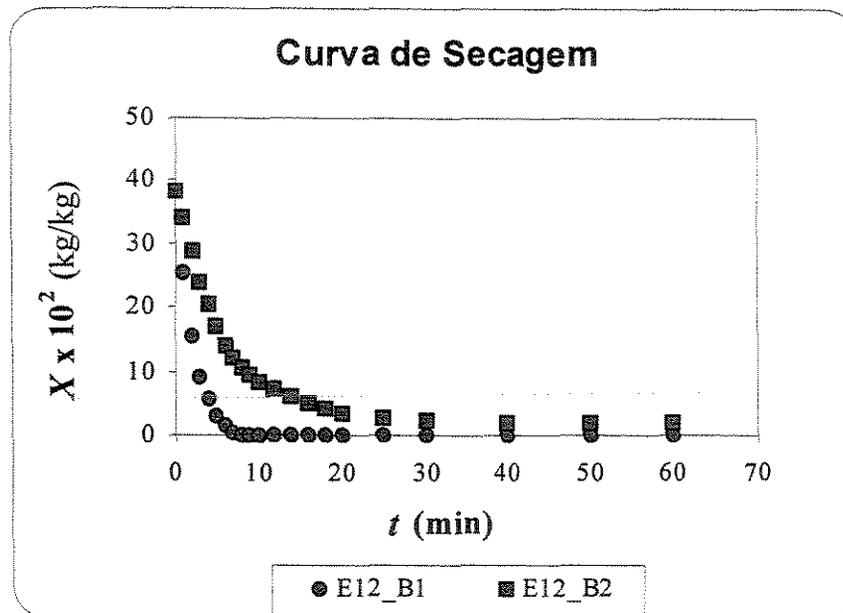


Figura A7.11: Curva de secagem para o ensaio E12

($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

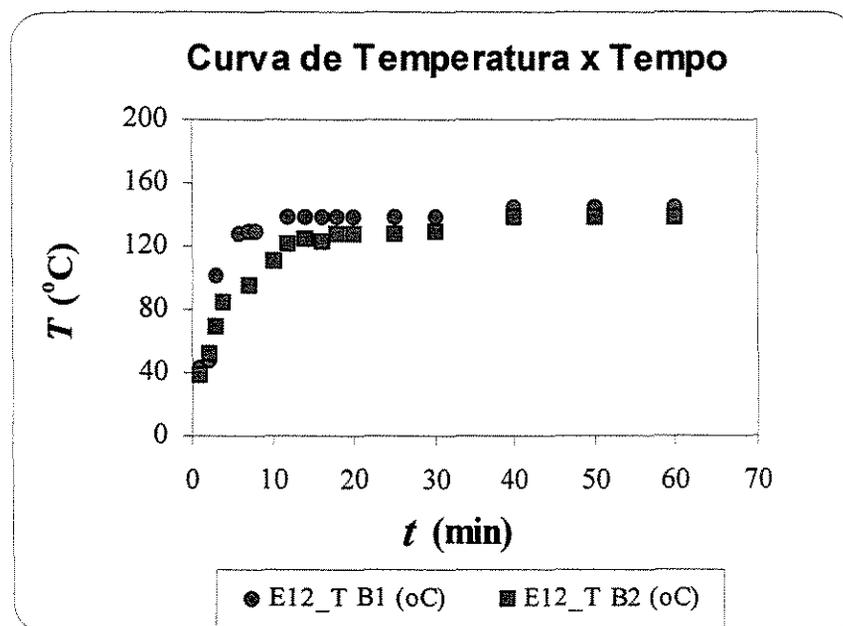


Figura A7.12: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E12

($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

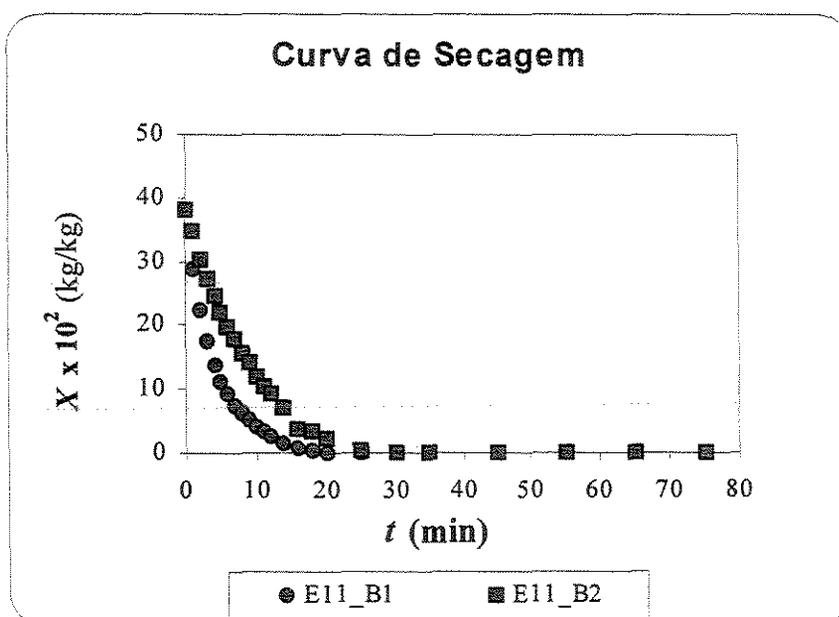


Figura A7.13: Curva de secagem para o ensaio E11
 ($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

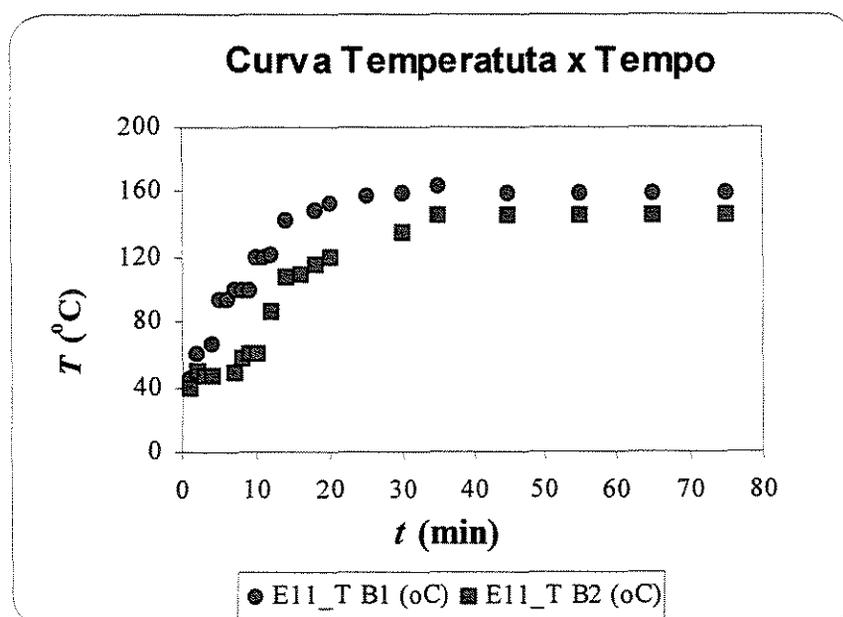


Figura A7.14: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E11
 ($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

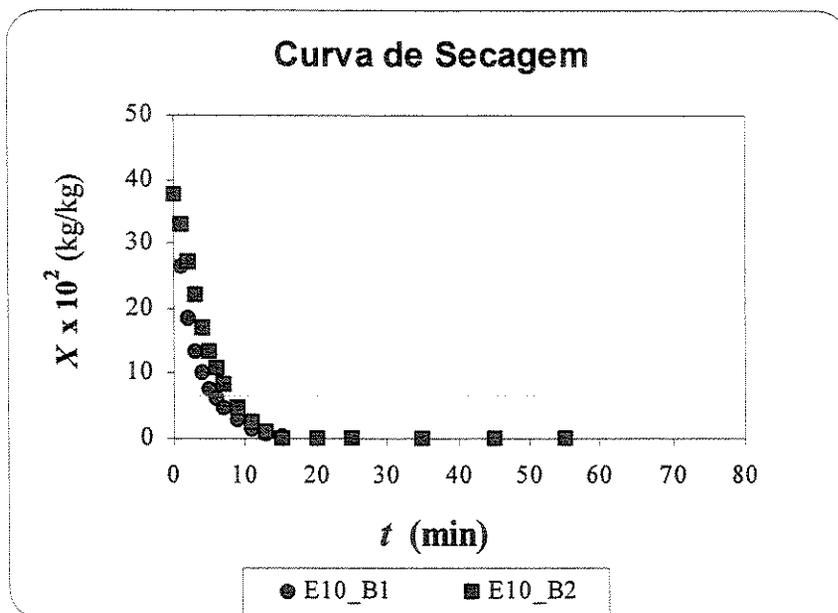


Figura A7.15: Curva de secagem para o ensaio E10
($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

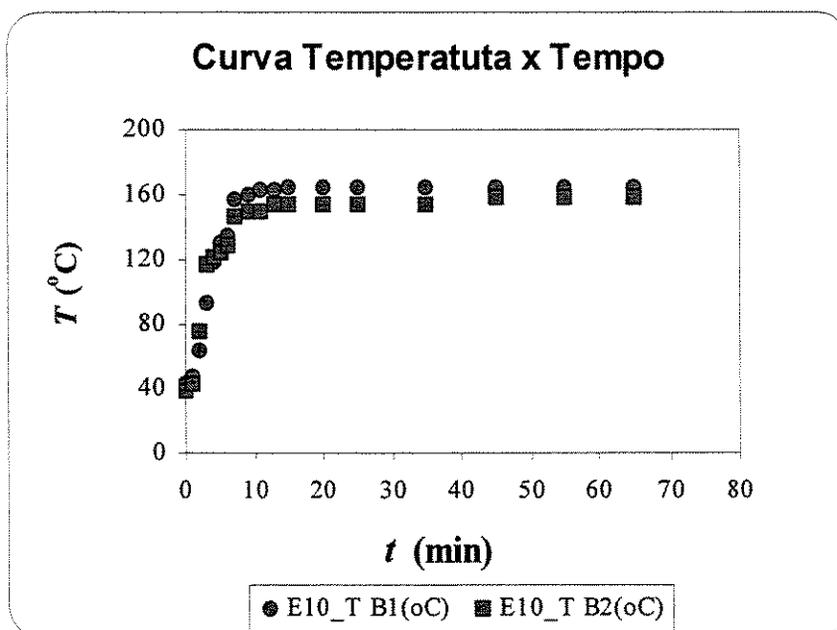


Figura A7.16: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E10
($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 39\%$ bs).

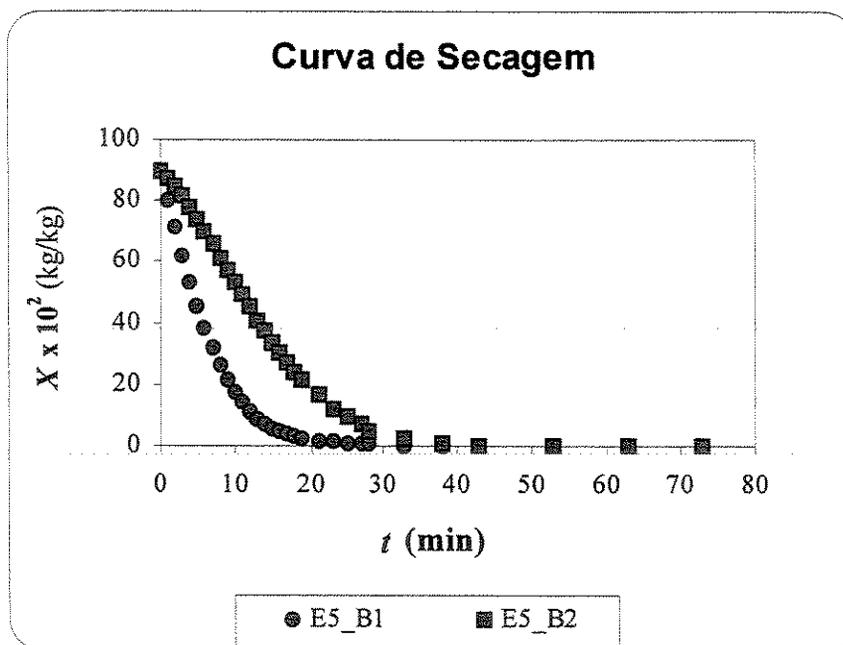


Figura A7.17: Curva de secagem para o ensaio E5
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

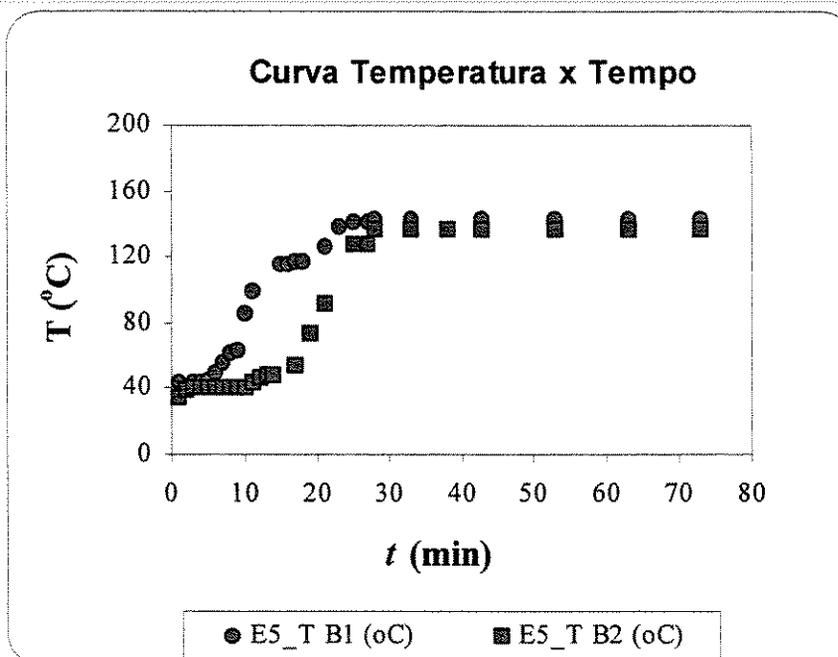


Figura A7.18: Curva de temperatura x tempo, para o ensaio E5
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

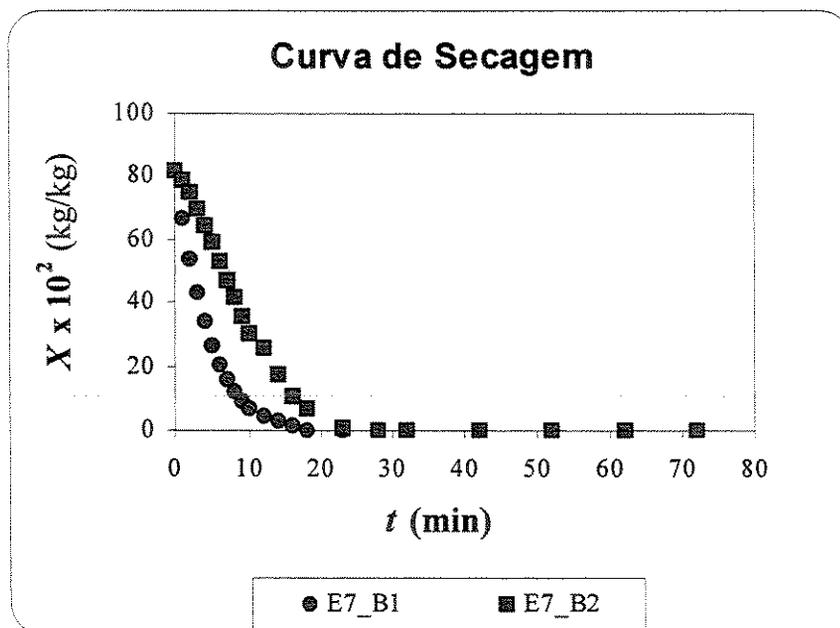


Figura A7.19: Curva de secagem para o ensaio E7
($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

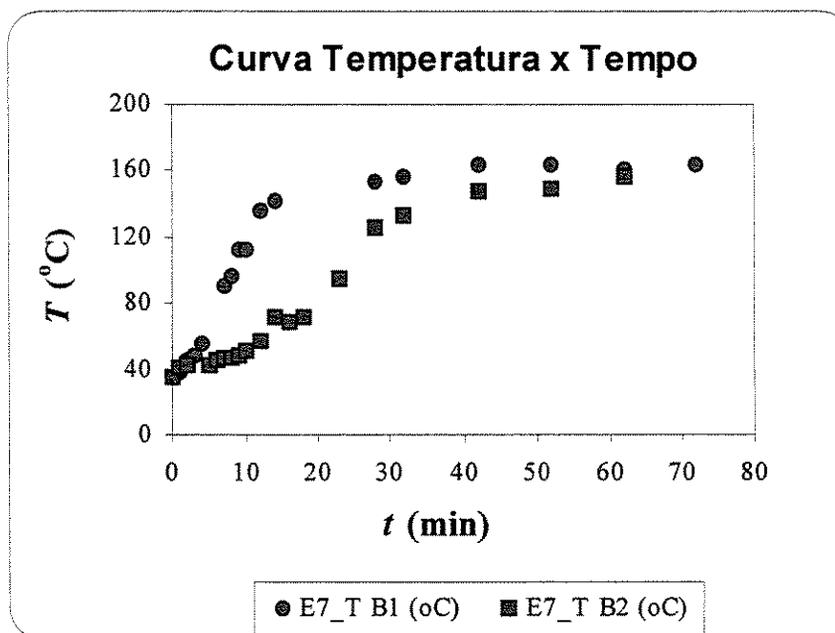


Figura A7.20: Curva de secagem para o ensaio E7
($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 140$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

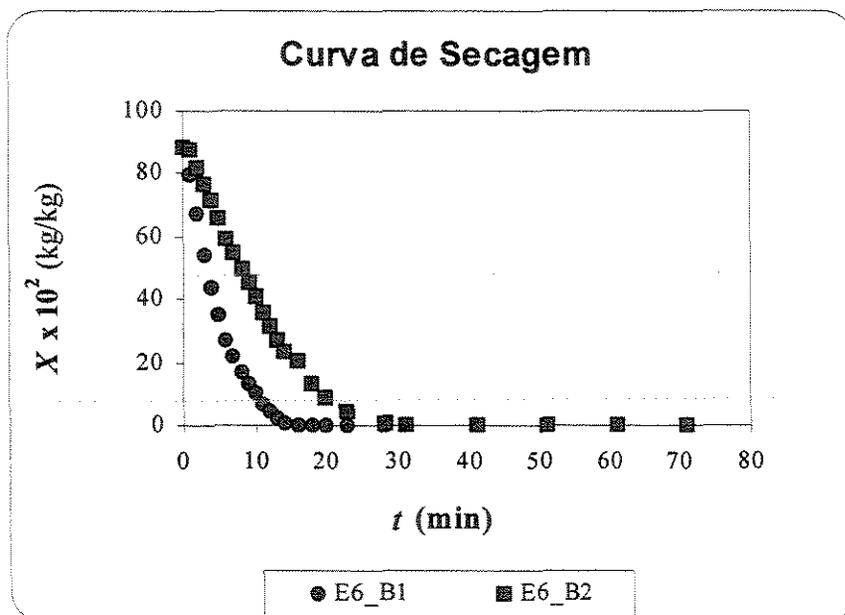


Figura A7.21: Curva de secagem para o ensaio E6
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

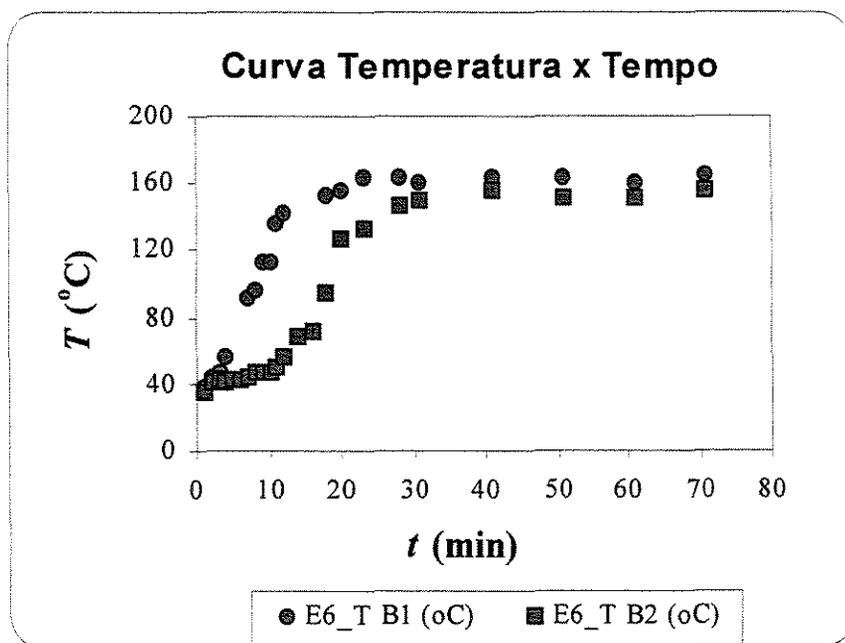


Figura A7.22: Curva de secagem para o ensaio E6
($Q_m = 0,345$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

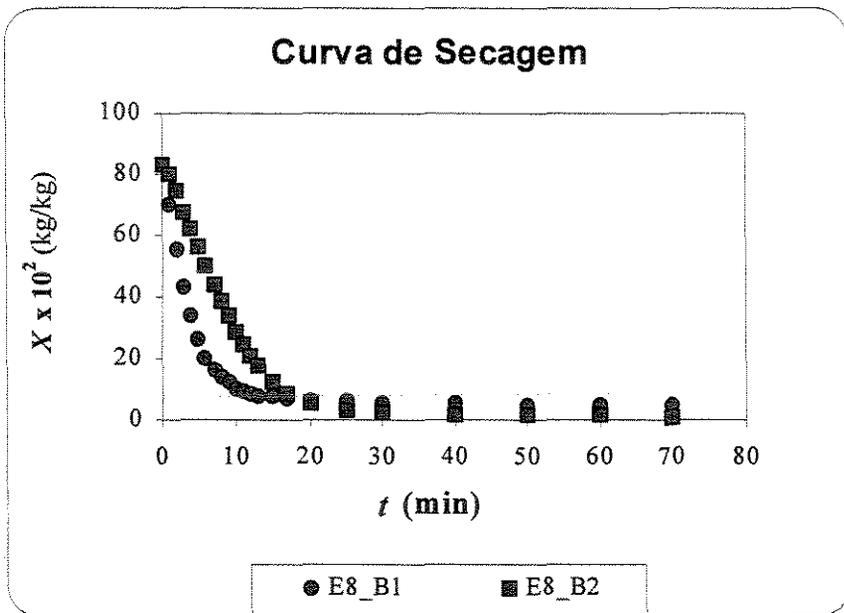


Figura A7.23: Curva de secagem para o ensaio E8 ($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 85\%$ bs).

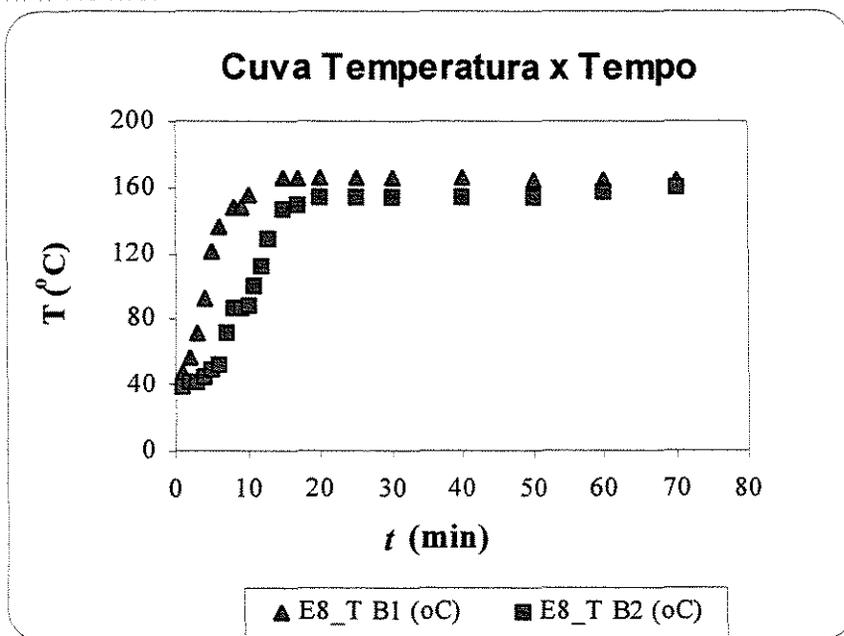


Figura A7.24: Curva de secagem para o ensaio E8 ($Q_m = 0,471$ kg/min, $T = 160$ °C, $X_i = 85\%$ bs).