

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

PAULO CESAR DE ALBUQUERQUE JÚNIOR

A ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E O TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE
SERVIÇO DE SAÚDE: UM ESTUDO DE CASO DO CENTRO DE TRATAMENTO DE
RESÍDUOS PERIGOSOS DE FORTALEZA

FORTALEZA

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

PAULO CESAR DE ALBUQUERQUE JÚNIOR

**A ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E O TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE
SERVIÇO DE SAÚDE: UM ESTUDO DE CASO DO CENTRO DE TRATAMENTO DE
RESÍDUOS PERIGOSOS DE FORTALEZA**

Monografia apresentada ao Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Administração.

Orientador: Prof.Ms. Laudemiro Rabelo Souza e
Moraes

FORTALEZA – CE

Junho/2011

A311a Albuquerque Junior, Paulo Cesar de
A Administração da produção e o tratamento de resíduos de
serviço de saúde: um estudo de caso do centro de tratamento de
resíduos perigosos de Fortaleza. / Paulo Cesar de Albuquerque
Junior. – Fortaleza: [s.n], 2011.

78 f. : il. ; enc.

Orientador: Laudemiro Rabelo de Souza e Moraes
Área de concentração: Administração da produção.
Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Ceará,
Fortaleza, 2011.

1. Administração da produção. 2. Resíduos sólidos. I. Souza e
Moraes, Laudemiro Rabelo de. II. Universidade Federal do Ceará.
III. Título.

CDD 658.5

PAULO CESAR DE ALBUQUERQUE JÚNIOR

A ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO E O TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇO
DE SAÚDE: UM ESTUDO DE CASO DO CENTRO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS
PERIGOSOS DE FORTALEZA

Esta monografia foi submetida à Coordenação do Curso de Administração, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Administração, outorgado pela Universidade Federal do Ceará – UFC e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta monografia é permitida, desde que feita de acordo com as normas de ética científica.

Data da aprovação 21 / 06 / 11

BANCA EXAMINADORA

Prof. Laudemiro Rabelo de Souza e Moraes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof.^a Valquíria Melo Souza (membro)
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. José Carlos Lázaro da Silva Filho (membro)
Universidade Federal do Ceará – UFC

*“Não tentes ser bem sucedido, tenta
antes ser um homem de valor.”*

Albert Einstein

Aos meus pais, Suzana e Paulo, pelo exemplo de disciplina, persistência e sabedoria, dedico.

AGRADECIMENTOS

À vida e ao tempo, por nos dar a oportunidade de superar os desafios e obstáculos.

À professora Valquíria Melo Souza, que com sua humildade e sabedoria, me apoiou desde o início desse projeto, me guiando, apesar de todas as dificuldades.

Aos professores Laudemiro Rabelo Souza e Moraes e José Carlos Lázaro da Silva Filho, membros da banca examinadora.

Ao Grupo Marquise, cujo programa de *Trainees* possibilitou um crescimento pessoal, profissional e cultural; uma experiência verdadeira de trabalho; fazer grandes amizades e poder aprender com grandes profissionais, que me ensinam que antes de ser bem sucedido, deve-se primeiro tornar-se um homem de valor.

À Gloria Molinari, tutora e amiga, que com suas palavras de grande sabedoria, é uma das responsáveis pelo meu amadurecimento, especialmente profissional.

Aos amigos Felipe Viana, Ricardo Lousa, Sarah Coelho, Deborah Coelho, Ricardo Bruno e João Alves, por estarem sempre presentes, nos bons e nos maus momentos, aconselhando ou apenas ouvindo.

Aos amigos da faculdade, em especial aos da turma de 2005.1, que hoje são grandes profissionais, com os quais tive a grande honra de conviver durante grande parte da minha jornada acadêmica.

Finalmente, aos meus pais, por se mostrarem, a cada dia, mais dedicados e persistentes, sendo para mim um grande exemplo de vida. À minha irmã, Carolina, por me mostrar que todo o esforço é válido, que toda dificuldade pode ser superada e que a vida deve ser vivida sem medo. À Mayara Sauer, minha namorada, por ser única, especial e estar presente em todos os momentos.

RESUMO

O tratamento de resíduos sólidos, em especial dos resíduos provenientes dos serviços de saúde, levanta questionamento constantemente, principalmente no Brasil, devido à baixa capacidade de tratamento instalada no país. Os conceitos de administração da produção ajudam a otimizar a utilização dessa capacidade, visto que a demanda existente para esse tipo de tratamento é crescente. As técnicas de previsão de demanda constituem uma importante ferramenta para a decisão da instalação, ou não, de uma nova unidade produtiva. O presente estudo apresenta os conceitos de administração da produção e análise de séries temporais, bem como as classificações de resíduos sólidos e um breve panorama de resíduos no Brasil. O estudo de caso procurou revelar a utilização da capacidade instalada do Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos, bem como avaliar a possibilidade de atendimento da demanda para o ano de 2011, considerando o crescimento. Os resultados mostraram que a capacidade instalada não está sendo totalmente utilizada e que, mesmo com o crescimento da demanda no ano de 2011, a capacidade atual é completamente capaz de atendê-la. Os resultados contrariam a primeira impressão de que a má destinação dos resíduos de serviço de saúde se dá pela falta de capacidade de tratamento existente.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos, administração da produção, previsão de demanda, tratamento de resíduos de serviço de saúde, incineração.

ABSTRACT

The solid waste treatment, especially healthcare waste, constantly raises questions, especially in Brazil, due to low treatment capacity installed in the country. The operations management concepts help optimizing the nominal capacity utilization, considering the increasing demand for such treatment. The techniques of demand forecasting are an important tool while deciding to set up or not, a new production unit. This study introduces the concepts of operations management and time series analysis, as well as the solid waste classifications and a brief overview of solid waste management in Brazil. The case study sought to reveal the Hazardous Waste Treatment Facility of Fortaleza capacity utilization, as well as the possibility of meeting demand for the year 2011, considering its growth. The results showed that the nominal capacity is not being fully utilized and that even with the demand growth in 2011, the current capacity is fully able to meet it. The results contradict the first impression that the wrong healthcare waste disposal happens due to the lack of existing treatment capacity in Brazil.

Key-words: solid waste, operations management, demand forecasting, healthcare waste treatment, incineration.

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E QUADROS

FIGURA 1	Processo de Transformação.....	16
FIGURA 2	Comparativo da geração de RSU 2009-2010.....	39
FIGURA 3	Comparativo da geração de RSU per capita 2009-2010.....	40
GRÁFICO 1	Distribuição da Quantidade Total de RSU Coletado 2010 (%).....	41
GRÁFICO 2	Distribuição por tipo de Destinação dada aos RSS Coletados (%).....	44
QUADRO 1	Hierarquia do Planejamento Operacional.....	18
QUADRO 2	Indicadores parciais de produtividade.....	22
QUADRO 3	Classificação dos resíduos de serviço de saúde por classes.....	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Geração de RSU por região.....	40
TABELA 2	Coleta de RSU por região 2009-2010.....	41
TABELA 3	Destinação final dos RSU Coletados no Brasil.....	42
TABELA 4	Coleta Municipal de RSS por região.....	43
TABELA 5	Capacidade Instalada de Tratamento de RSS.....	44
TABELA 6	Horas disponíveis e trabalhadas Incinerador no ano de 2010.....	62
TABELA 7	Horas disponíveis e trabalhadas Autoclave no ano de 2010.....	63
TABELA 8	Quilogramas por hora trabalhada Incinerador 2010.....	64
TABELA 9	Quilogramas por hora trabalhada Autoclave 2010.....	65
TABELA 10	Quantidades de resíduos tratados 2008-2010.....	66
TABELA 11	Quantidades de resíduos tratados 2008-2010.....	67

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E QUADROS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Problemática.....	14
1.2 Objetivos.....	15
2. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO.....	17
2.1 Custos.....	19
2.2 Qualidade.....	19
2.3 Entrega.....	20
2.4 Flexibilidade.....	21
2.5 Serviço.....	21
2.6 Análises de Processos.....	22
2.7 Capacidade versus demanda.....	26
2.8 Previsão de demanda.....	26
3. RESÍDUOS SÓLIDOS E SEUS TRATAMENTOS.....	31
3.1 Tratamentos dos RSS.....	36
3.2 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil.....	41
4. ESTUDO DE CASO: CENTRO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS DE FORTALEZA.....	47
4.1 Processo de Incineração de Resíduos.....	47
4.2 Processo de Autoclavagem.....	58
4.3 Análise da utilização da capacidade.....	63
4.4 Previsão de Demanda.....	68
5. CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	72
ANEXO A – Processo de Blendagem.....	75
ANEXO B – Fluxograma de Incineração.....	77
ANEXO C – Fluxograma de Autoclavagem.....	78

1. INTRODUÇÃO

A questão da geração e destinação dos resíduos sólidos urbanos, independentemente de serem de origem residencial, comercial ou hospitalar, vem atraindo a atenção de pesquisadores e estudiosos, bem como da população em geral há algumas décadas em todo o mundo. Com o crescimento das cidades em ritmo acelerado e com a mudança nos hábitos dos consumidores, que passaram a consumir mais e, conseqüentemente, a descartar mais, essa questão passou a ser encarada de uma maneira mais concreta e preocupada.

No Brasil, além do crescimento e da mudança de hábito dos consumidores, em especial pela elevação do poder de compra da população, soma-se à problemática dos resíduos, a falta de planejamento dos governantes com relação ao crescimento das cidades, aumentando a gravidade do problema da destinação e disposição do lixo.

Na comparação entre os anos de 2009 e 2010, o crescimento na geração de lixo foi da ordem de 6,8%, enquanto que o crescimento populacional não passou de 1%, o que fez com que a geração de lixo per capita tivesse um aumento de 5,3% (ABRELPE, 2010). Com isso, tornam-se cada vez mais latentes as preocupações com relação à destinação desses resíduos gerados.

Nesse contexto, existem diversos estudos e modelos que pretendem amenizar os impactos do aumento da geração lixo no meio ambiente, bem como na saúde das populações urbana e rural. É sabido que a educação ambiental apresenta o melhor e mais correto caminho a ser percorrido, quando o objetivo é a redução da geração de resíduos. Entretanto, com a grande dificuldade de se educar ambientalmente a população no Brasil, em especial devido à falta de priorização desse aspecto por parte dos governantes, acaba-se tendo que tomar medidas visando minimizar os impactos da geração e destinação dos resíduos sólidos urbanos.

Entre todos os impactos ambientais causados pela geração de lixo, os impactos da destinação final se destacam. No Brasil, devido ao grande território e a falta de recursos destinados para esse propósito, os aterros controlados, lixões e aterros sanitários são o destino mais comum do lixo gerado pelas residências, estabelecimentos comerciais e mesmo os estabelecimentos de saúde. (ABRELPE, 2010)

Para os resíduos de serviços de saúde, deveria existir uma preocupação em realizar o devido tratamento antes da disposição final ambientalmente adequada. Entretanto, não é o que se observa segundo pesquisas realizadas em diversos municípios brasileiros. (ABRELPE, 2010)

Em um país onde os recursos destinados aos serviços de tratamento de resíduos de serviço de saúde são extremamente escassos e a geração desse tipo de resíduo está em amplo crescimento, devido ao estado de desenvolvimento econômico em que o país se encontra, e a conseqüente maior utilização do sistema de saúde do país, depara-se com um grande problema: a falta de capacidade instalada para o tratamento dos resíduos de serviço de saúde.

1.1 Problemática

De acordo com diversas pesquisas realizadas por instituições respeitadas no país como a ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais e a ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos, é possível conhecer toda a capacidade de tratamento de resíduos, em especial de serviços de saúde, instalada no país. Entretanto, existem divergências e lacunas no que diz respeito à utilização dessa capacidade instalada.

Em Fortaleza, não há praticamente nenhum estudo com relação a capacidade instalada de tratamento de resíduos de serviço de saúde e a utilização dessa capacidade.

Dessa curiosidade que, em se tratando da gravidade dos impactos do envio de resíduos contaminantes, sem o devido tratamento, para a destinação final, se torna uma necessidade, erige-se o questionamento: a capacidade instalada para tratamento de resíduos de saúde em Fortaleza está sendo totalmente utilizada?

Além disso, considerando o crescimento da geração de resíduos de serviço de saúde, um segundo questionamento pode ser levantado: sendo a capacidade instalada em Fortaleza suficientemente grande para atender as demandas de tratamento de resíduos de serviço de saúde existentes até o mês de dezembro de 2010, será ela suficientemente grande para atender as

demandas futuras, especificamente para o ano de 2011, já considerando o crescimento esperado na geração desse tipo de resíduo?

1.2 Objetivos

O estudo tem como objetivo geral avaliar qual a utilização da capacidade instalada de tratamento de resíduos de serviço de saúde em Fortaleza, bem como se a capacidade será suficientemente grande para atender as demandas futuras. Os objetivos específicos são:

1. Verificar se a capacidade instalada do Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos está sendo totalmente utilizada;
2. Verificar se, considerando dois métodos de análise de séries temporais para previsão de demanda, a capacidade instalada de tratamento de resíduos de serviço de saúde do Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos de Fortaleza será suficientemente grande para atender tal demanda prevista.

No que diz respeito à metodologia, o estudo desenvolvido é bibliográfico, pois combina os conhecimentos oriundos de livros, artigos científicos, artigos de revistas, monografias de graduação ou especialização, dissertações de mestrado e teses de doutorado, sobre aspectos relevantes da Administração da Produção e do Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos. Além disso, o estudo busca fazer inferências, a partir de modelos estatísticos de previsão de demanda, sobre a demanda de tratamento de resíduos de serviço de saúde. Os dados históricos foram obtidos a partir dos registros de recebimento e tratamento de resíduos do próprio Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos de Fortaleza, e trabalhados seguindo os modelos de séries de análises temporais existentes na literatura.

Tendo sido apresentados a problemática, os objetivos gerais e específicos e a metodologia do estudo neste primeiro capítulo; cabe apresentar diversos conceitos de “Administração da Produção” e os métodos de análise de séries temporais, considerados relevantes para o entendimento desse estudo.

No capítulo dois, serão apresentados conceitos gerais de administração da produção, de eficiência e eficácia, bem como os objetivos dessa ramificação da administração. Além disso, são apresentados alguns conceitos e objetivos das análises de processos e das técnicas de previsão de demanda baseadas em séries temporais.

No capítulo três, os conceitos de resíduos sólidos presentes na literatura são apresentados, bem como as suas classificações segundo a legislação brasileira. São apresentados, também, alguns conceitos de tratamentos de resíduos de serviço de saúde, com ênfase nos mais comumente encontrados no Brasil. Um breve panorama dos resíduos sólidos no Brasil é apresentado, ao final do capítulo.

No capítulo quatro, a unidade objeto desse estudo é apresentada. Além disso, os dados obtidos são apresentados, e os resultados são mostrados. Por último, será feita uma conclusão considerando a problemática e os conceitos utilizados no estudo, bem como o resultado do estudo dos dados obtidos no Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos.

2. ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 25), “processo de transformação é a conversão real de entradas em saídas”. Já Chiavenato (2005, p. 13) define produção como “transformação de insumos em produtos ou serviços”. Em outras palavras, o chamado de processo de transformação ou de produção é a conversão de um número de insumos em algum resultado esperado, bens ou serviços, utilizando componentes que podem ser desde máquinas, pessoas ou ferramentas, até sistemas gerenciais. A figura 1 ilustra um processo de transformação de maneira genérica.

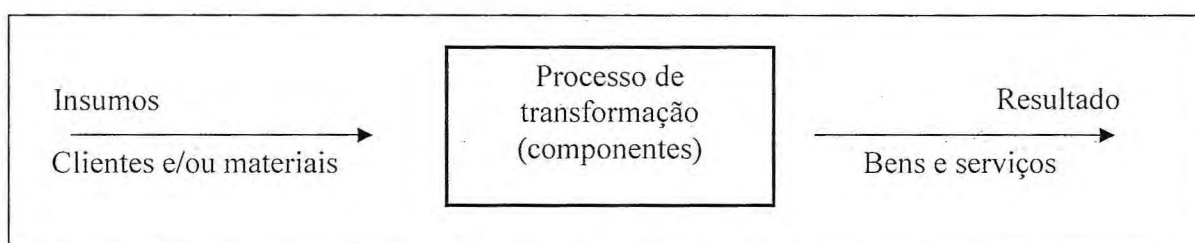


Figura 1: Processo de Transformação
Fonte: Aquilano, Davis e Chase (2001)

Aquilano, Davis e Chase (2001, p.24) conceitua a administração da produção como a “gestão do processo de conversão que transforma insumos, tais como matéria prima e mão de obra, em resultados na forma de produtos acabados e serviços.”

Administração da Produção e Operações – APO é a área da administração que utiliza os recursos físicos e materiais da empresa que realizam o processo produtivo por meio de competências essenciais. Assim, é a AP que executa a produção ou as operações da empresa. É pela AP que a empresa extrai as matérias primas transforma-as para produzir o produto acabado ou presta serviços especializados ao mercado. (CHIAVENATO, 2005, p. 13)

A administração da produção deve ser a área responsável por utilizar os recursos da organização de uma maneira tal que os resultados dos processos de transformação sejam os melhores possíveis.

Segundo Chiavenato (2005), os objetivos principais da administração da produção são alcançar eficiência e eficácia no processo produtivo. Produz-se com eficiência utilizando os métodos e procedimentos adequados, executando a tarefa da maneira mais correta possível e aplicando os recursos disponíveis da melhor maneira. Já a eficácia é alcançada quando se realiza as atividades que são importantes para o negócio, isto é, tarefas relevantes para os objetivos da empresa.

Chiavenato (2005) corrobora que existem duas maneiras de aumentar a eficiência de uma organização: racionalização e produtividade.

Racionalização: é a técnica que procura os métodos e processos mais adequados ao trabalho. Graças à racionalização pode-se desenhar um processo produtivo mais rápido e eficiente, com menores custos de produção, redução de estoques, redução de trabalho na produção etc.

Produtividade: é uma decorrência da eficiência. À medida que a produção é eficiente, ela alcança maiores níveis de produtividade. Produtividade é a relação ótima entre insumos e resultados, isto é, entre custos e benefícios, entre recursos aplicados e volume produzido. (CHIAVENATO, 2005, p. 14-15)

Para Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 24), “sob uma perspectiva corporativa a administração da produção pode ser definida como o gerenciamento dos recursos diretos que são necessários para a obtenção dos produtos ou serviços de uma organização”. O gerenciamento envolve, basicamente, três níveis de decisões gerenciais: estratégico, tático e planejamento operacional. Respectivamente, esses níveis de decisão dizem respeito, a longo, médio e curto prazo. O quadro 1 mostra, em mais detalhes, as questões tipicamente abordadas por cada tipo de planejamento existente na função da produção.

Tipo de Planejamento	Janela de Tempo	Questões Típicas
Estratégico	Longo prazo	Tamanho da planta, localização, tipo de processo
Tático	Médio prazo	Tamanho da força de trabalho, exigências de materiais

Operacional e Controle	Curto prazo	Sequenciamento diário de trabalhadores e equipamentos, gestão de processos, gestão de estoques.
------------------------	-------------	---

Quadro 1: Hierarquia do Planejamento Operacional

Fonte: Aquilano, Davis e Chase (2001, P. 43)

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), as estratégias de produção, em qualquer nível, são baseadas e desenvolvidas a partir das prioridades competitivas de uma organização: baixo custo, alta qualidade, entrega rápida, flexibilidade e atendimento ou serviço. Em suma, as estratégias devem ser construídas visando atingir os objetivos das organizações, que, genericamente, buscam as cinco prioridades supracitadas.

2.1 Custos

Uma das prioridades competitivas visadas pelas organizações é o baixo custo. Para Aquilano, Davis e Chase (2001), especialmente em mercados cuja diferenciação é baixa, isto é, onde não podem ser percebidas as diferenças entre produtos fabricados por diferentes empresas, como nos mercados de commodities, o fator baixo custo é primordial para o sucesso ou insucesso de uma companhia. Entretanto, em mercados cuja diferenciação é percebida, embora não deixe de ser importante, o fator baixo custo não é determinante para o sucesso ou insucesso de uma organização.

2.2 Qualidade

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), a qualidade pode ser dividida em dois tipos: qualidade do produto e qualidade do processo.

A qualidade do produto irá variar de acordo com o mercado que o produtor visa atender. Um produto cujo mercado exige uma qualidade menor não pode ser tratado da mesma maneira que um mercado que exige qualidade superior. Isto é, produtos que são considerados demasiadamente elaborados para um mercado, invariavelmente serão considerados proibitivamente caros, visto que os elementos constituintes do produto têm custos altos e não tem sua qualidade percebida pelo cliente. Da mesma forma, produtos que tem qualidade inferior

perderão mercado para produtos que, mesmo tendo um preço maior, dada à característica dos elementos que o compõem, têm sua qualidade percebida pelo cliente, que se permite pagar um preço mais alto.

A qualidade do processo é um fator crítico em qualquer segmento de mercado. Isto é, mesmo que os clientes não exijam qualidade superior em determinado produto, ainda sim o produtor vai buscar defeito zero em sua linha de produção. Logo, a meta da qualidade do processo é produzir produtos completamente livres de defeitos.

Para Chiavenato (2005), a qualidade é o quesito mais difícil de ser medido em um produto ou serviço. Quando um produto ou serviço é concreto, pode-se definir a qualidade mais facilmente. Entretanto, quando um produto ou serviço é abstrato, se torna muito difícil medir a qualidade. Dessa forma, é importante separar a qualidade de duas maneiras diferentes: qualidade intrínseca e qualidade extrínseca.

Qualidade intrínseca é a qualidade inerente ao produto/serviço, isto é, aquela que existe objetiva e concretamente e que pode ser avaliada e mensurada mediante padrões e especificações. A qualidade intrínseca é determinada pelo produtor do produto/serviço. Qualidade extrínseca é a qualidade que a pessoa subjetivamente percebe ou imagina. Ela é constituída pelos aspectos extrínsecos que cada pessoa acha que o produto/serviço tem. A qualidade extrínseca é imaginada pelo consumidor ou usuário do produto/serviço. (CHIAVENATO, 2005. p. 37)

Os dois autores seguem a mesma linha de raciocínio, embora definam qualidade de maneira diferente. Em suma, embora um produto defina seus padrões de produção e busque defeito zero em seus produtos, um produto de elevadíssima qualidade tem pouco valor se essa qualidade não for percebida pelo cliente.

2.3 Entrega

Para Aquilano, Davis e Chase (2001), alguns nichos de mercados têm em seu principal atrativo, a velocidade de entrega. Alguns produtores conseguem entregar em prazos curtíssimos relativamente à sua concorrência, embora tenham que refletir essa velocidade de entrega em

preços acima da média. Em mercados cuja velocidade de entrega não é o fator primordial, não se pode esquecer que prazos demasiadamente longos de entrega, em relação à concorrência, podem ser determinantes na escolha entre dois ou mais produtores. Outro fator que não pode ser desconsiderado em se tratando de velocidade de entrega é a variação de tempo entre dois pedidos diferentes, isto é, os produtos deveriam ser entregues aos compradores com uma variação mínima de tempo.

2.4 Flexibilidade

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 44):

A flexibilidade, a partir de uma perspectiva estratégica, refere-se à habilidade de uma empresa de oferecer uma ampla variedade de produtos a seus clientes. A flexibilidade é também uma medida da rapidez com que uma empresa pode converter seu(s) processo(s), a partir da produção de uma linha antiga de produtos para a produção de uma nova. A variedade de produtos também é percebida pelo cliente como uma dimensão da qualidade.

2.5 Serviço

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), os ciclos de vida do produto estão cada vez mais reduzidos, tornando os produtos concorrentes cada vez mais parecidos, causando uma impressão de que todos os produtos são commodities, isto é, com o preço sendo o maior diferencial competitivo. Nesse contexto, a competitividade demasiada acaba por gerar uma necessidade de criação de valor para os clientes de maneira cada vez mais diferente. As empresas começam a oferecer não apenas os produtos, mas também serviços de valor agregado, isto é, serviços que são adjacentes aos produtos, mas que acabam se tornando um diferencial competitivo, visto que os produtos não têm mais características únicas de um produtor. Exemplos disso são os serviços de atendimento ao cliente, os serviços pós-venda, garantia estendida, dentre outros.

2.6 Análises de Processos

Aquilano, Davis e Chase (2001, p.121) corrobora que “um fator chave para o sucesso das organizações é sua capacidade de medir seu desempenho. Em uma base temporal contínua, fornece aos gerentes dados que irão permitir que se verifique se a metas ou padrões esperados foram alcançados.” A análise de processos é um fator essencial para as decisões gerenciais. Sem indicadores de desempenho apropriados, os gestores não podem medir o desempenho da sua unidade ou organização, nem comparar o desempenho entre a sua organização e uma organização concorrente.

Com os avanços dos estudos da administração da produção, existem, atualmente, diversos tipos de indicadores de desempenho. Os gerentes devem ser criteriosos na escolha de quais indicadores são cruciais para avaliar o desempenho da sua organização. Alguns indicadores são mais importantes do que outros para uma organização, variando de acordo com o tipo de atividade desenvolvida naquela companhia.

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), os tipos de indicadores de desempenho mais comumente encontrados nas organizações são, dentre outros, de produtividade, capacidade, qualidade, velocidade de entrega e velocidade do processo.

2.6.1 Produtividade

Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 122) define:

A eficiência com a qual as entradas são transformadas em produtos finais é uma medida da produtividade do processo. Em outras palavras, a produtividade mede quão bem convertamos as entradas em saídas.

De maneira genérica, a produtividade pode ser definida matematicamente como:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Saída (Outputs)}}{\text{Entrada (Inputs)}}$$

A produtividade, entretanto, é um indicador relativo, isto é, deve ser comparado para que possa ser interpretado da maneira correta. Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), a produtividade pode ser comparada de duas maneiras distintas. A primeira é a comparação dos seus indicadores, com os de empresas que atuam no mesmo mercado. A segunda é a comparação de um indicador ao longo do tempo na mesma operação, podendo assim, comparar a produtividade em dois períodos de tempo distintos. O quadro 2 mostra diferentes tipos de indicadores de produtividade, referentes a diferentes tipos de negócio.

Tipos de Negócio	Indicador de produtividade (saída/entrada)
Restaurante	Clientes (pratos) / hora de trabalho
Loja Varejo	Vendas / metros quadrado
Fazenda	Quilos de carne / Quilos de alimentos
Indústria Energia	Quilowatts / toneladas de carvão
Fábrica de papéis	Toneladas de papel / amarrado de madeira

Quadro 2: Indicadores parciais de produtividade

Fonte: Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 123)

2.6.2 Capacidade

Para Aquilano, Davis e Chase (2001), a capacidade é o volume total de saída de um processo. Geralmente, este indicador é dado por unidades de saída por unidade de tempo. Dentro dos indicadores de capacidade, existem subgrupos de indicadores. Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 123), “Capacidade de projeto é definida como a taxa ideal de saída através da qual uma empresa deseja produzir em condições normais e para a qual o sistema foi projetado.” Já a capacidade máxima é definida como “taxa potencial máxima de saída que pode ser alcançada quando todos os recursos produtivos estão sendo utilizados ao máximo.” Esse dois conceitos podem ser simplificados em um único conceito, chamado de capacidade instalada ou capacidade nominal. Segundo Chiavenato (2005, p. 83):

Dá-se o nome de capacidade instalada ao potencial que a empresa possui para gerar produtos/serviços com as suas instalações, máquinas e equipamentos. A capacidade instalada é, portanto, a capacidade máxima de produção que a empresa pode atingir com a plena utilização de suas instalações e equipamentos. Dificilmente, a produção de uma

empresa consegue chegar a se manter no limite Máximo de sua capacidade, isto é, ao nível de 100% de sua capacidade instalada. Quando a empresa utiliza apenas pequena parte de sua capacidade instalada, ocorre a capacidade ociosa. A capacidade ociosa representa a utilização parcial da capacidade instalada.

Dos conceitos de capacidade instalada e capacidade ociosa, emerge um indicador de grande importância para diversas empresas, o indicador de utilização da capacidade. Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 124), a utilização da capacidade é “o percentual da capacidade disponível que está sendo utilizada atualmente”. Matematicamente, pode ser definida como:

$$\text{Utilização da capacidade} = \frac{\text{Produção real}}{\text{Capacidade projetada instalada}}$$

A utilização da capacidade é um indicador importante especialmente no que diz respeito a decisões gerenciais acerca da instalação de novos equipamentos ou da melhor utilização da capacidade atualmente instalada. Quando a utilização da capacidade atinge níveis superiores a 100%, funciona como um aviso para os gerentes sobre a super utilização da capacidade, geralmente resultando em decisões de instalação de novas plantas ou equipamentos.

2.6.3 Qualidade

Para Aquilano, Davis e Chase (2001), geralmente, a qualidade de um processo é medida através da taxa de defeitos dos produtos produzidos, isto é, quantos produtos com defeito por quantidade total produzida. A identificação dos defeitos de fabricação pode ser feita internamente, ou seja, antes do produto sair da fábrica para o cliente, ou externamente, quando o cliente percebe o defeito com o produto já em mãos. Além desse, existem outros tipos de indicadores de qualidade. Por exemplo, com o aumento da consciência ambiental das empresas, indicadores de quantidade de lixo gerado pelo processo podem ser considerados indicadores de qualidade do processo. Na mesma linha, indicadores de quantidade de perda de material ou da quantidade de refugo também são considerados indicadores de qualidade.

2.6.4 Velocidade de Entrega

Para Aquilano, Davis e Chase (2001), a velocidade de entrega possui dois tipos de mensuração. O primeiro tipo de mensuração é a quantidade de tempo decorrido entre o pedido feito pelo cliente até o momento da entrega do produto, conhecido como lead time (tempo de atravessamento). Assim, empresas que possuem um alto grau de padronização em seus produtos, conseguem atingir lead time zero, atendendo aos pedidos com os produtos em estoque. Da mesma forma, empresas que oferecem alto grau de personalização em seus produtos geralmente demandam um alto lead time para atender aos pedidos.

A outra dimensão a ser avaliada para mensuração da velocidade de entrega é a variabilidade do tempo de entrega. Esse é um indicador que mede a incerteza que um cliente possui quando realiza um pedido ao fornecedor. A incerteza afeta a programação do trabalho, a capacidade utilizada, dentre outros fatores que afetam negativamente a eficiência global do processo. Dessa forma, quanto menor a variabilidade nos tempos de entrega, mais certeza um cliente terá, aumentando a confiança e conseqüentemente melhorando a relação entre cliente e fornecedor.

2.6.5 Velocidade do Processo

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 126), a velocidade do processo é um indicador relativamente novo. “Também conhecido como velocidade de fabricação, a velocidade do processo representa o tempo real necessário para conclusão do serviço ou do produto, dividido pelo tempo onde realmente foi adicionado valor.” Matematicamente, o indicador de velocidade do processo é definido da seguinte forma:

$$\text{Velocidade do processo} = \frac{\text{Tempo de atravessamento do produto}}{\text{Tempo de valor adicionado}}$$

O indicador de velocidade do processo, genericamente, indica a quantidade de tempo desperdiçada pelo produtor, isto é, a quantidade de tempo utilizada no atendimento do pedido do cliente sem que se esteja adicionando valor ao produto. Exemplificando, um indicador de

velocidade de processo igual a 20, indica que o fabricante utiliza vinte vezes mais tempo do que o necessário para atender ao pedido do cliente com o mesmo valor adicionado ao produto.

2.7 Capacidade versus demanda

Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), quando da análise de um processo, em termos de capacidade, é importante não confundir a capacidade do processo com a demanda daquele produto pelo mercado. Se a demanda por um produto for menor que a capacidade de produção, não se pode identificar um gargalo na produção. Dessa forma, não seria necessária a compra de novos equipamentos para aumentar a capacidade produtiva. Apenas quando a demanda excede a capacidade de produção é que se pode identificar os gargalos na produção e trabalhá-los para que não limitem a produção, evitando que a demanda seja atendida. Em último caso, deve-se considerar a compra de novos equipamentos para atender aos pedidos dos clientes.

A capacidade de cada estágio em um processo com vários estágios podem variar, frequentemente, por inúmeras razões, incluindo diferentes taxas de saída dos diferentes equipamentos que compõem o processo global. Nestas situações, o estágio do processo com a menor capacidade é denominado gargalo do processo. Adicionando mais capacidade para aliviar o gargalo em um estágio do processo, o gargalo irá, provavelmente, se mover para outro estágio. Quando isso ocorre, a utilização total da capacidade potencial do equipamento adicional pode não ser alcançada. (AQUILANO, DAVIS e CHASE, 2001. p. 133)

A identificação dos gargalos do processo passa, primeiramente, pela construção de um fluxograma de processo. O fluxograma de processo permite que o gestor visualize todos os estágios de um processo de produção, identificando aqueles que têm maior importância e aqueles que representam os gargalos. Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 134) define fluxograma de processo como um “diagrama utilizado para descrever um processo”.

2.8 Previsão de demanda

A mensuração de capacidade instalada e da utilização da capacidade é importante para as tomadas de decisão no que diz respeito à aquisição de novos equipamentos e na construção de

novas plantas. Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001), a análise da demanda pelo produto ou serviço é tão importante quanto à análise dos fluxogramas e, conseqüente, identificação dos gargalos de produção. Nesse contexto, a previsão de demanda é uma importante ferramenta para auxiliar os gerentes de produção nas decisões tanto no nível estratégico e tático, quanto no nível operacional.

Para Aquilano, Davis e Chase (2001), embora as previsões forneçam diversas informações para os gestores, permitindo uma maior segurança na execução das atividades, deve-se reconhecer que as previsões não são perfeitas. Existem muitos fatores no ambiente empresarial que não podem ser controlados nem previstos. Logo, os gestores devem considerar a imprecisão das previsões e, regularmente, criar o hábito de revisar as previsões de modo a minimizar as incertezas.

As técnicas de previsão de demanda podem ser classificadas em três categorias gerais: qualitativa, análise de séries temporais e modelos causais. Segundo Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 213):

Técnicas qualitativas: técnicas de previsão de demanda não quantitativas baseadas em opiniões de especialistas e em intuições. Normalmente utilizadas quando não existem dados disponíveis.

Análise de séries temporais: analisa dados relativos a um determinado período de tempo (por exemplo, horas, dias, semanas) para verificar se ocorre uma tendência ou um padrão.

Modelos causais: relacionam demanda com um fator fundamental diferente de tempo.

A análise de séries temporais é utilizada, normalmente, em situações de curto prazo, tal como na programação do tamanho da força de trabalho necessária para a produção de certa quantidade de produtos. Entretanto, as previsões também podem ser de médio prazo, utilizada geralmente para minimizar os efeitos sazonais. Já os modelos de longo prazo são utilizados para detectar tendências e padrões e são utilizadas para identificação de pontos críticos.

Segundo Vollmann et al.(2006) não existe um modelo que seja mais preciso que outro, mas os métodos mais simples se mostram melhores do que muitos modelos complexos,

especialmente na relação custo e benefício. Os modelos de análises de séries temporais se preocupam em fazer uma média das demandas passadas para prever o futuro. Existem três modelos de análise de séries temporais: média móvel simples, média móvel ponderada e média ponderada exponencial.

2.8.1 Média Móvel Simples

Média móvel simples é a “média de um dado número de períodos que é atualizada, substituindo os dados do período anterior pelos dados do período mais recente” corrobora Aquilano, Davis e Chase (2001, p. 216). Este modelo é utilizado quando a demanda não cresce nem decresce rapidamente, e se também não é identificada nenhuma característica sazonal. Assim, pode se utilizar esse método para identificar uma tendência dentro da flutuação dos dados. A fórmula para a previsão de média móvel simples é:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} \dots + A_{t-n}}{n}$$

Onde:

F_t = Vendas previstas no período t

A_{t-1} = Vendas realizadas no período $t-1$

n = Número de períodos considerados na média

Exemplificando, para uma previsão de demanda de junho, considerando uma média de cinco meses, deve-se considerar a média dos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio.

2.8.3 Média Móvel Ponderada

Segundo Vollmann et al. (2006), o modelo de média móvel simples suaviza os dados históricos, mas mantém peso igual para todos os períodos. O modelo de média móvel ponderada não elimina as informações passadas, mas passa a atribuir um peso para cada período passado. Em geral, os períodos mais antigos têm peso menor. Para Aquilano, Davis e Chase (2001), matematicamente, a média móvel ponderada tem a seguinte fórmula:

$$F_t = \frac{W_{t-1}A_{t-1} + W_{t-2}A_{t-2} \dots + W_{t-n}A_{t-n}}{n}$$

Onde:

F_t = Vendas previstas no período t

A_{t-1} = Vendas realizadas no período $t-1$

W_{t-1} = Peso atribuído ao período $t-1$

n = Número de períodos considerados na média

Existe ainda uma restrição adicional na utilização deste método de análise de série temporal:

$$\sum_{i=1}^n W_{t-i} = 1$$

2.8.4 Média Ponderada Exponencial

Os dois métodos de análises de séries temporais supracitados têm como principal empecilho, a necessidade de uma grande quantidade de dados históricos, visto que novos dados têm que ser adicionados, substituindo dados antigos para que as previsões sejam calculadas. (Aquilano, Davis e Chase, 2001). Nesse modelo, segundo Vollmann et al. (2006, p. 59):

Cada nova previsão é baseada em uma média ajustada cada vez que há um novo erro de previsão. Por exemplo, se prevemos 90 unidades de demanda para um item em um período particular e a demanda real é de 100 unidades, um idêia atraente seria aumentar nossa previsão em 10 unidades quando fizermos a previsão do próximo período.

Esse ajuste consiste na incorporação da proporção do erro à previsão através da constante de suavização exponencial, chamada de α . A equação que define a média ponderada exponencial ou previsão com suavização exponencial é apresentada como:

$$F_t = (1 - \alpha)F_{t-1} + \alpha A_{t-1}$$

Onde:

F_t = Previsão exponencialmente ajustada para o período t

F_{t-1} = Previsão exponencialmente ajustada para o período anterior

A_{t-1} = Demanda real do período anterior

α = Constante de ajuste

3. RESÍDUOS SÓLIDOS E SEUS TRATAMENTOS

Segundo a NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação (1987), resíduos sólidos são definidos como “resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.”. Com a sanção da Lei 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos sólidos passam a ser subdivididos em duas categorias: Resíduos e Rejeitos.

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, no estado sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, o exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (Política Nacional dos Resíduos Sólidos, 2010)

Embora as definições supracitadas não sejam excludentes, a segunda definição especifica que, antes de serem finalmente dispostos, os resíduos devem ter suas possibilidades de reaproveitamento esgotadas.

Para que se esgotem as possibilidades de reaproveitamento e, mais importante, se defina quais são as destinações e disposições ambientalmente adequadas se faz necessários a classificação dos resíduos e rejeitos.

Ainda conforme a NBR 10.004– Resíduos Sólidos – Classificação (2004):

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem e de seus constituintes e características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Encontra-se na literatura diversos tipos de classificação de resíduos. Os resíduos podem ser classificados, por exemplo, quanto à sua biodegradabilidade, variando entre alta, média ou baixa degradação. Pode-se também classificar os resíduos quanto a sua composição química, podendo mais facilmente identificá-los como orgânicos ou inorgânicos. (BIDONE & POVINELLI, 1999).

As formas mais popularmente encontradas na literatura para a classificação dos resíduos são segundo seu grau de periculosidade, seus impactos à saúde e ao meio ambiente, ou segundo a sua fonte geradora.

A NBR 10.004– Resíduos Sólidos – Classificação (2004) classifica os resíduos sólidos em:

- a) Classe I – Perigosos: apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Em suma, apresentam risco à saúde pública, podendo provocar mortalidade, incidência de doenças ou acentuar seus índices ou riscos ao meio ambiente, quando não gerenciados da forma adequada;
- b) Classe II – Não perigosos: são subdivididos em duas subclasses:
 - a. Classe II A – Não Inertes: não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos Classe II B – Inertes. Podem possuir propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - b. Classe II B – Inertes: aqueles que quando submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Quanto a sua fonte geradora, segundo Schalch et al (2002), Bidone e Povinelli (1999), Castro Neto e Guimarães (2000), os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- a) Resíduos sólidos urbanos (RSU) são resíduos provenientes das residências domésticas, dos serviços de saúde, da construção civil, resíduos de poda e capina, resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários ferroviário e os resíduos de serviços, sejam eles comerciais ou resíduos de limpeza pública, como a de bocas de lobo, varrição, de feiras e outros;
- b) Resíduos Sólidos Industriais (RSI) são resíduos provenientes das indústrias de transformação, os resíduos radioativos e resíduos agrícolas;
- c) Resíduos Sólidos especiais (RSE) são resíduos que possuem características diferenciadas e por isso são ditos especiais. Dentre eles estão: pneus, pilhas e baterias e lâmpadas fluorescentes.

Ainda segundo Schalch et al (2002), os chamados Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) podem ser detalhadamente especificados quanto a sua fonte geradora da seguinte forma:

- a) Resíduo domiciliar: originado nas residências, é constituído principalmente por restos de alimentação, papéis, papelão, vidros, metais ferrosos e não ferrosos, plásticos, madeira, trapos, couros, varreduras, capinas de jardim, entre outras substâncias;
- b) Resíduos de serviços de saúde (RSS): proveniente de hospitais, clínicas médicas e veterinárias, laboratórios de análises clínicas, farmácias, centros de saúde, consultórios odontológicos e outros estabelecimentos afins;
- c) Resíduos da construção civil ou resíduos de construção e demolição (RCD): denominado de entulho, são rejeitos provenientes de construções, reformas, demolições de obras de construção civil, restos de obras e os da preparação e da escavação de terrenos e outros;
- d) Resíduos de portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários: constituem os resíduos sépticos, que podem conter organismos patogênicos nos materiais de higiene e de uso pessoal, em restos de alimentos, dentre outros, provenientes de locais de grande transição de pessoas e mercadorias;
- e) Resíduos de serviço comercial: abrange os resíduos resultantes dos diversos estabelecimentos comerciais, tais como escritórios, lojas, hotéis, restaurantes, supermercados, quitandas, dentre outros;

- f) Resíduos de varrição, feiras e outros: abrangem os resíduos advindos da limpeza pública urbana, ou seja, são resultantes da varrição regular de ruas, da limpeza e a conservação de galerias, limpeza de feiras, de bocas de lobo, dos terrenos, dos córregos, das praias e feiras, dentre outros.

Em se tratando dos Resíduos Sólidos Industriais, as suas fontes geradoras se subdividem em:

- a) Resíduos das indústrias de transformação: provenientes de diversos tipos e portes de indústrias de processamentos. Por dependerem do tipo de produto fabricado, possuem características bastante variadas;
- b) Resíduos radioativos (lixo atômico): emitem radiações acima dos limites permitidos pelas normas brasileiras, geralmente originados dos combustíveis nucleares, que de acordo com legislação que os especificam, são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);
- c) Resíduos agrícolas: gerados das atividades da agricultura ou da pecuária, como as embalagens de adubos, defensivos agrícolas, ração, restos de colheita e esterco animal.

No Brasil, as diretrizes sobre a geração e manejo dos resíduos sólidos são feitas por dois órgãos: a Agência Nacional de Vigilância Sanitária e ao Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Para os Resíduos de Serviço de Saúde a Resolução nº 358 do CONAMA, apresenta uma classificação por grupo, a saber:

- a) Grupo A – resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido à presença de agentes biológicos;
- b) Grupo B – resíduos que apresentam risco potencial à saúde pública e ao meio ambiente devido às suas características químicas;
- c) Grupo C – rejeitos radioativos

- d) Grupo D – resíduos que não apresentam risco biológico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente;
- e) Grupo E – resíduos perfurocortante.

Outra classificação dos RSS existente é feita por classes. Segundo a NBR 12808 - Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação (1993), os resíduos de serviço de saúde são classificados da seguinte forma:

Classes	Constituintes
Resíduos Infectantes	
Tipo A.1 – Biológico	Cultura, inóculo, mistura de microrganismos e meio de cultura inoculado proveniente de laboratório clínico ou de pesquisa, vacina vencida ou inutilizada, filtro de gases aspirados de áreas contaminadas por agentes infectantes e qualquer resíduo contaminado por estes materiais.
Tipo A.2 – Sangue e hemoderivativos	Bolsas de sangue após transfusão, com prazo de validade vencido ou sorologia positiva, amostras de sangue para análise, soro plasma e outros subprodutos.
Tipo A.3 – Cirúrgico, Anatomopatológico e exsudado	Tecido, órgão, feto, pela anatômica, sangue e outros líquidos orgânicos resultantes de cirurgia, necropsia e resíduos contaminados por estes materiais.
Tipo A.4 – Perfurante ou cortante	Agulha, ampola, pipeta, lâmina de bisturi e vidro
Tipo A.5 – Animal contaminado	Carcaça ou parte de animal inoculado, exposto a microrganismos patogênicos ou portados de doença infecto-contagiosa, bem como resíduos que tenham estado em contato com este.
Tipo A.6 – Assistência ao paciente	Secreções, excreções e demais líquidos orgânicos procedentes de pacientes, bem como os resíduos contaminados por estes materiais, inclusive restos de refeições
Resíduo Especial	
Tipo B.1 – Rejeito	Material radioativo o contaminado, com radionuclídeos

radioativo	proveniente de laboratório de análises clínicas, serviços de Medicina nuclear e radioterapia.
Tipo B.2 – Resíduos farmacêuticos	Medicamento vencido, contaminado, interdito ou não utilizado.
Tipo B.3 – Resíduos químicos perigosos	Resíduos tóxico, corrosivo, inflamável, explosivo, reativo, genotóxico ou mutagênico.
Resíduo Comum	
Classe C	Todos aqueles que não se enquadram nos tipos A e B e que, por sua semelhança aos resíduos domésticos, não oferecem risco adicional à saúde pública.

Quadro 3: Classificação dos resíduos de serviço de saúde por classes, NBR 12808

Fonte: ABNT, 1993

3.1 Tratamentos dos RSS

Conhecidas as classificações mais comuns dos resíduos, pode-se começar a entender quais as necessidades de tratamento que cada tipo de resíduos precisa, para que possa ter uma destinação ambientalmente adequada. Utiliza-se a classificação quanto à periculosidade, seus impactos a saúde e ao meio ambiente como base para a definição dos tratamentos necessários antes da disposição final.

O tratamento de RSS utiliza técnicas e/ou processos que visem modificar as características que apresentem risco à saúde ou ao meio ambiente. A resolução 283 do Conselho Nacional do Meio Ambiente corrobora que sistema de tratamento de resíduos de serviço de saúde é um “conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, físico-químicas, químicas ou biológicas dos resíduos e conduzam à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente”

No que tange a parcela infectante dos RSS, os tratamentos devem permitir a desinfecção e/ou esterilização.

Esses tratamentos, segundo Padim et al (2008), se dividem em dois grandes grupos:

- a) Processos Térmicos – utilizam do aumento da temperatura para destruir ou inativar microorganismos patogênicos;
- b) Processos Químicos – utiliza um oxidante químico para destruir ou inativar microorganismos patogênicos, após previa trituração dos resíduos.

Existem inúmeros processos que se enquadram dentro dos dois grandes grupos de processos de tratamento de resíduos supracitados. Dentre os processos térmicos, pode-se destacar a Incineração, a Autoclavagem, a Pirólise e o tratamento por Microondas.

3.1.1 Incineração

Segundo Morgado e Ferreira (2006, p. 06):

Incineração de resíduos utiliza alta temperatura para queimar correntes de resíduos, que entram em combustão completa. Isso garante o tratamento sanitário, minimizando a presença de resíduos combustíveis nas cinzas resultantes e destruindo completamente os componentes orgânicos.

Inicialmente, os resíduos são queimados em uma câmara primária, que é a receptora direta dos mesmos, em uma temperatura suficientemente alta para que algumas substâncias se tornem gases e outras assumam a forma particulada. Nesse estágio, a temperatura da câmara varia geralmente entre 500°C e 900°C. Em todas as configurações, a alimentação de oxigênio nessa câmara é subestequiométrica, isto é, com quantidades de oxigênios inferiores às necessárias para a combustão completa, evitando-se assim picos elevados de temperatura. Controlando-se as condições dessa forma, evita-se a volatilização de grandes quantidades de metais presentes nos resíduos tratados, como cádmio, cromo, chumbo e mercúrio, por exemplo. Além disso, minimiza-se a formação de óxidos nitrosos, que surgem apenas sob temperaturas mais elevadas.

Da câmara primária, a fase gasosa é encaminhada para uma câmara secundária. Essa quantidade de gases e, também, de partículas deve ser queimada a temperaturas ainda mais altas que as da câmara primária, por um intervalo de tempo suficientemente longo para que haja combustão completa. Segundo Morgado e Ferreira (2006, p. 06) o “tempo de residência

representativo para resíduos sólidos é de 30 minutos para o primeiro estágio e de 2 a 3 segundos para a combustão da fumaça no segundo estágio.” No segundo estágio, tem-se uma atmosfera com excesso de oxigênio, facilitado a combustão completa e as temperaturas variam entre 750°C e 1250°C, normalmente. Morgado e Ferreira (2006, p. 06) corroboram que “nessa temperatura, a probabilidade de existência de moléculas com grande número de átomos como dioxinas e furanos, compostos altamente nocivos aos seres humanos, é praticamente zero.”

Após a segunda etapa, os gases devem passar por um sistema de tratamento, constituídos por vários equipamentos, cada um com uma finalidade distinta, antes de serem enviado para a atmosfera através de uma chaminé. O tratamento dos gases é feito, basicamente, em três etapas. A primeira consiste apenas no resfriamento dos gases, que saem em temperaturas superiores à 1000°C da câmara secundária. Em seguida, já em temperaturas mais baixas, os gases passam por um sistema de neutralização e retenção de óxidos nitrosos. A terceira e última etapa, consiste na passagem dos gases por um sistema de filtragem, evitando que os gases enviados a atmosfera pela chaminé tenham material particulado em sua composição. Além dessas três etapas, alguns sistemas de tratamento, dependendo das condições exigidas pela legislação ou pelas características dos resíduos tratados, podem conter outras etapas como lavadores Venturi, ciclones ou precipitadores eletrostáticos.

3.1.2 Autoclavagem

Padim et. al (2008, p. 07) definem:

A autoclavagem é um tratamento térmico que consiste em manter os resíduos de serviço de saúde a uma temperatura elevada e em contato com o vapor de água por um período de tempo suficiente para destruir os microorganismos patogênicos presentes no material contaminado ou, ainda, reduzi-los a um número que não represente risco à saúde.

Ainda segundo Padim et al (2008, p. 07), “o processo inclui ciclos de compressão e descompressão que vêm facilitar o contato entre o vapor e o material infectado. Sendo que os valores de pressão aplicados são ordem dos 0,3 a 0,35MPa e a temperatura atinge 135°C.”

Novak (2008) corrobora que a autoclavagem é, basicamente, composta das seguintes etapas:

- a) Pré-Vácuo – etapa onde se criam condições de pressão negativa de forma que, na fase seguinte, o vapor entre mais facilmente em contato com os materiais a serem esterilizados;
- b) Admissão de Vapor – etapa onde o vapor é introduzido na autoclave, seguido do aumento gradual da pressão, de forma a criar condições para o contato entre a água superaquecida e os materiais, e para facilitar sua penetração nos invólucros, dando acesso a todas as superfícies;
- c) Esterilização – etapa onde é realizada a manutenção de temperatura e pressão elevada durante determinado período de tempo, até que se conclua o processo. O tempo é determinado de acordo com a quantidade e as características dos resíduos tratados;
- d) Exaustão lenta – nessa etapa, já com os resíduos tratados, ocorre uma liberação gradual do vapor, que passa por um filtro com poros finos o suficiente para evitar que microorganismos passem para o exterior da autoclave, e a redução gradual da pressão até que seja atingida a pressão atmosférica;
- e) Arrefecimento da carga – etapa onde é efetuado um resfriamento da carga até que seja possível a retirada da mesma de dentro da autoclave;
- f) Descarte do condensado – com a utilização do vapor na autoclave dá origem à formação de um efluente que deverá ser descartado em uma estação de tratamento e liberado como um efluente doméstico.

3.1.3 Pirólise e Microondas e outros tratamentos

Além da Incineração e da Autoclavagem, tratamentos mais comumente encontrados, existem outros tipos de tratamentos térmicos. Reis (2004) elenca alguns desses tratamentos:

1. Pirólise – semelhante ao tratamento por incineração, a pirólise é realizada com admissão restrita de ar de combustão, provocando a decomposição térmica dos resíduos a baixas temperaturas;

2. Vitrificação – aquecimento de massa de solo contaminado pela passagem de corrente elétrica, pirolizando os contaminantes orgânicos e imobilizando metais tóxicos, numa matriz vitrificada;
3. Plasma – aquecimento dos resíduos a altíssimas temperaturas através da aplicação de correntes elétricas;
4. Inativação térmica – aquecimento a seco, sem adição de vapor, água ou chama;
5. Sal fundido – oxidação a altas temperaturas através do contato com um sal fundido, como o cloreto de sódio, por exemplo.

Além desses tratamentos térmicos, existe ainda o tratamento por microondas que, segundo Bertussi Filho (1994) consiste na prévia trituração e aspensão de água nos resíduos, que são submetidos na área de processamento, a ação de vapor e radiação de microondas, e dessa maneira alcançam temperatura e pressão máxima de esterilização.

Entre os tratamentos químicos, destacam-se a radiação ionizante ou irradiação e a desinfecção química, sendo esta segunda definida por Bertussi Filho (1994) como um processo em que os resíduos são mergulhados em solução química desinfetante, que destrói agentes infecciosos. No entanto, as recomendações para seu uso referem-se mais à desinfecção de utensílios e superfícies do que de resíduos. Já a radiação ionizante consiste em uma tecnologia recente para o tratamento dos resíduos, que utiliza radiações gama, a partir do cobalto 60 e ultravioleta, para destruir os microorganismos infecciosos. A esterilização é alcançada pela circulação do material ou resíduo, ao redor de fonte ativa de cobalto 60, recebendo dosagens de radiações uniformes.

Quando da impossibilidade da aplicação de algum desses tratamentos supracitados, os resíduos de serviços de saúde podem ser destinados para as chamadas valas sépticas. É uma alternativa de caráter emergencial, para dispor os resíduos hospitalares, quando não se dispõe de outro sistema que esteja previsto na resolução CONAMA nº 5/93, consistindo no aterramento dos resíduos através do método de trincheiras. Complementariamente a disposição dos resíduos em valas sépticas pode ser utilizada a técnica de recobrimento com cal (CaO) tendo como objetivo a ação neutralizadora e bactericida do óxido de cálcio.

3.2 Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2010, p. 30) “a geração de RSU no Brasil novamente registrou um crescimento expressivo de 2009 para 2010, superando a taxa de crescimento populacional urbano, que foi de cerca de 1% no período.” A figura 2 mostra o crescimento da geração de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil entre os anos de 2009 e 2010.

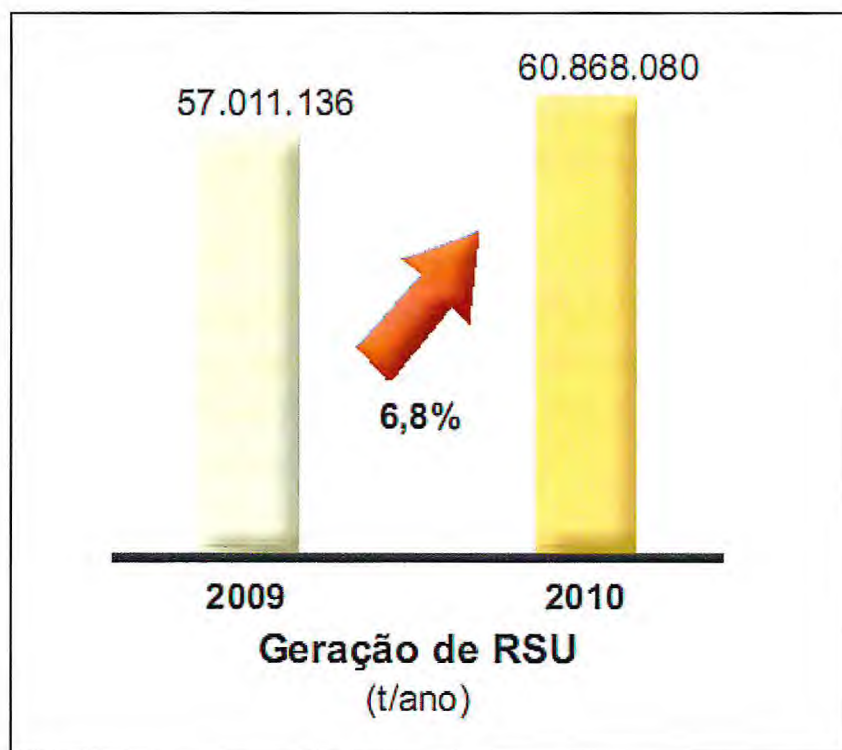


Figura 2: Comparativo da geração de RSU 2009-2010
Fonte: ABRELPE (2010)

A figura 3 mostra o crescimento da geração de RSU per capita, confirmando que o crescimento populacional urbano foi inferior ao aumento da geração de Resíduos Sólidos Urbanos entre os anos de 2009 e 2010.

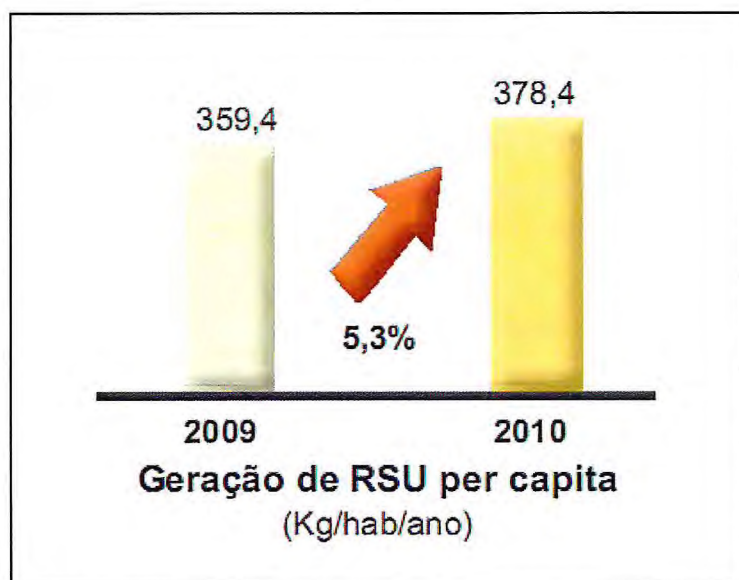


Figura 3: Comparativo da geração de RSU per capita 2009-2010
 Fonte: ABRELPE (2010)

A geração de RSU pode ser dividida por região, mostrando mais claramente a realidade, visto que existem muitas diferenças regionais em um país de dimensões continentais. A tabela 1 mostra a geração de RSU por região nos anos de 2009 e 2010, bem como os índices de geração per capita nos mesmos períodos.

Região	2009	2010	
	RSU Gerado (t/dia) / Índice (Kg./Hab./Dia)	RSU Gerado (t/dia)	Índice (Kg./Hab./Dia)
Norte	12.072 / 1,051	12.920	1,108
Nordeste	47.665 / 1,254	50.045	1,289
Centro-Oeste	13.907 / 1,161	15.539	1,245
Sudeste	89.470 / 1,204	96.134	1,288
Sul	19.624 / 0,859	20.452	0,879
BRASIL	182.28 / 1,152	195.090	1,213

Tabela 1: Geração de RSU por região
 Fonte: ABRELPE (2010)

A tabela 2 mostra a quantidade de RSU coletada no Brasil nos anos de 2009 e 2010, também dividindo por região. O gráfico 1 mostra a distribuição da quantidade total de RSU coletados no Brasil em 2010.

Região	2009	2010	
	RSU Coletado (t/dia) / Índice (Kg./Hab./Dia)	RSU Coletado (t/dia)	Índice (Kg./Hab./Dia)
Norte	9.672 / 0,842	10.623	0,911
Nordeste	35.925 / 0,945	38.118	0,982
Centro-Oeste	12.398 / 1,035	13.967	1,119
Sudeste	85.282 / 1,147	92.167	1,234
Sul	17.807 / 0,779	18.708	0,804
BRASIL	161.084 / 1,015	173.583	1,079

Tabela 2: Coleta de RSU por região 2009-2010

Fonte: ABRELPE (2010)

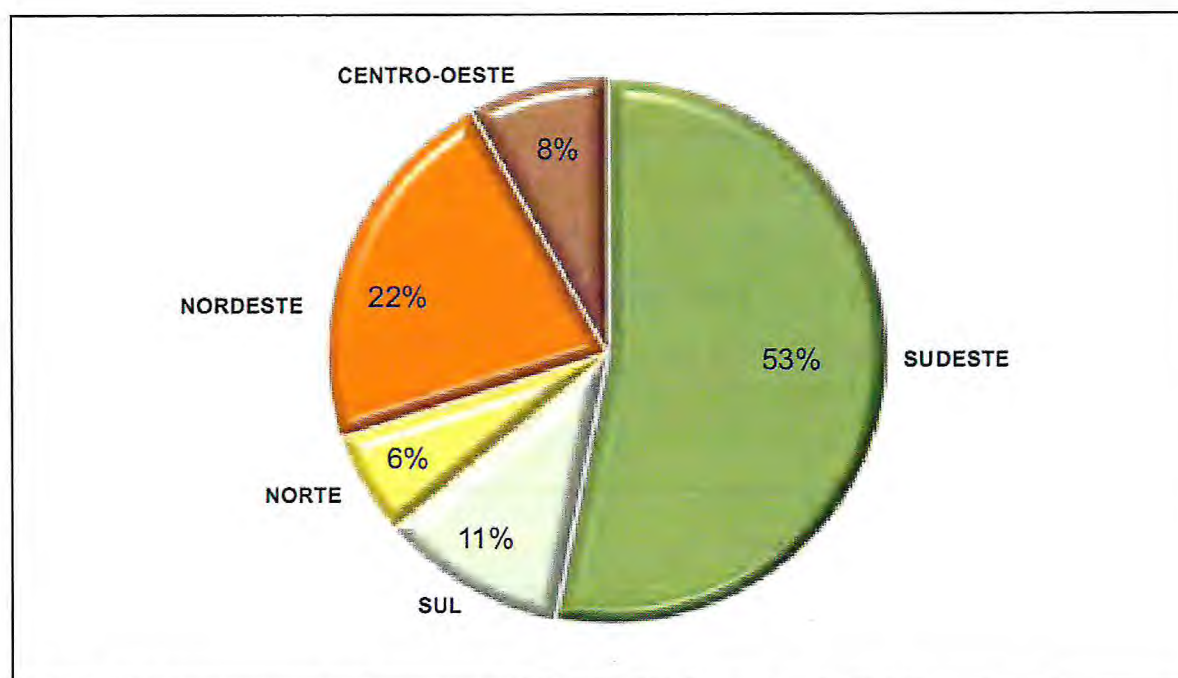


Gráfico 1: Distribuição da Quantidade Total de RSU Coletado 2010 (%)

Fonte: ABRELPE (2010)

Segundo a ABRELPE (2010) houve um crescimento percentual na quantidade de RSU com destinação final adequada de 2009 para 2010. Entretanto, em números absolutos, a quantidade de RSU destinados inadequadamente cresceu e quase 23 milhões de toneladas seguiram para lixões ou aterros controlados. A tabela 3 mostra a comparação entre as quantidades de RSU destinadas adequadamente ou não, nos anos de 2009 e 2010.

Destinação Final	2009 (ton)	2010(ton)	2009 (%)	2010 (%)
Adequada	28.546.662	31.194.948	56,8%	57,6%
Inadequada	21.711.546	22.962.948	43,2%	42,4%

Tabela 3: Destinação final dos RSU Coletados no Brasil
Fonte: ABRELPE (2010)

3.2.1 Resíduos de Serviços Saúde no Brasil

É importante considerar de forma diferenciada, os resíduos provenientes dos serviços de saúde, pois os mesmos necessitam de tratamento completamente diferente do recebido pelos RSU de maneira geral.

Segundo a ABRELPE (2010), a coleta dos Resíduos de Serviço de Saúde no Brasil está crescendo. Do ano de 2009 para o ano de 2010, a quantidade de RSS coletada aumentou de 221.270 para 228.067 toneladas, sendo o Sudeste a região que mais coletou esse tipo de resíduos; proporcionalmente à quantidade de habitantes. A tabela 4 mostra a quantidade coletada de resíduos de serviço de saúde, em toneladas, bem como o índice (Kg/hab./dia) de cada região nos anos de 2009 e 2010.

Região	2009		2010	
	RSS Coletado/Índice (Kg./Hab./Dia)	População Urbana (hab.)	RSS Coletado (t/ano)	Índice (Kg./Hab./Dia)
Norte	7.968 / 0,694	11.663.184	8.313	0,713
Nordeste	31.712 / 0,834	38.816.895	33.455	0,862

Centro-Oeste	17.768 / 1,484	12.479.872	17.198	1,378
Sudeste	152.844 / 2,056	74.661.877	157.113	2,104
Sul	10.978 / 0,480	23.257.880	11.988	0,515
BRASIL	221.270 / 1,395	160.879.708	228.067	1,418

Tabela 4: Coleta Municipal de RSS por região.
Fonte: ABRELPE (2010)

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) (2010, p. 106):

As normas federais aplicáveis aos Resíduos de Serviço de Saúde (CONAMA e ANVISA) estabelecem que determinadas classes de resíduos de serviço de saúde necessitam de tratamento previamente à sua disposição final. Porém, alguns municípios encaminham tais resíduos para os locais de destinação sem mencionar a existência de tratamento prévio dado aos mesmos. Tal fato contraria as normas vigentes e apresenta risco aos trabalhadores da área, à saúde pública, à população e ao meio ambiente.

Conforme dados da ABRELPE (2010), o Brasil não possui capacidade instalada para tratar todos os RSS gerados no país. Entretanto, conforme a tabela 5, que mostra a capacidade instalada de Tratamento de RSS no Brasil, e o gráfico 2, que mostra a distribuição por tipo de destinação dada aos RSS, pode-se perceber que boa parte dos RSS não está tendo o tratamento adequado e, conseqüentemente, a destinação correta.

Região	Capacidade Instalada (t/ano) x Tecnologia			
	Autoclave	Incineração	Microondas	TOTAL
Norte	-	1.248	-	1.248
Nordeste	5.304	16.723	-	22.027
Centro-Oeste	3.120	8.299	-	11.419
Sudeste	69.841	27.612	47.112	144.565
Sul	22.464	4.992	3.744	31.200
BRASIL	100.729	58.729	50.856	210.459

Tabela 5: Capacidade Instalada de Tratamento de RSS
Fonte: ABRELPE (2010)

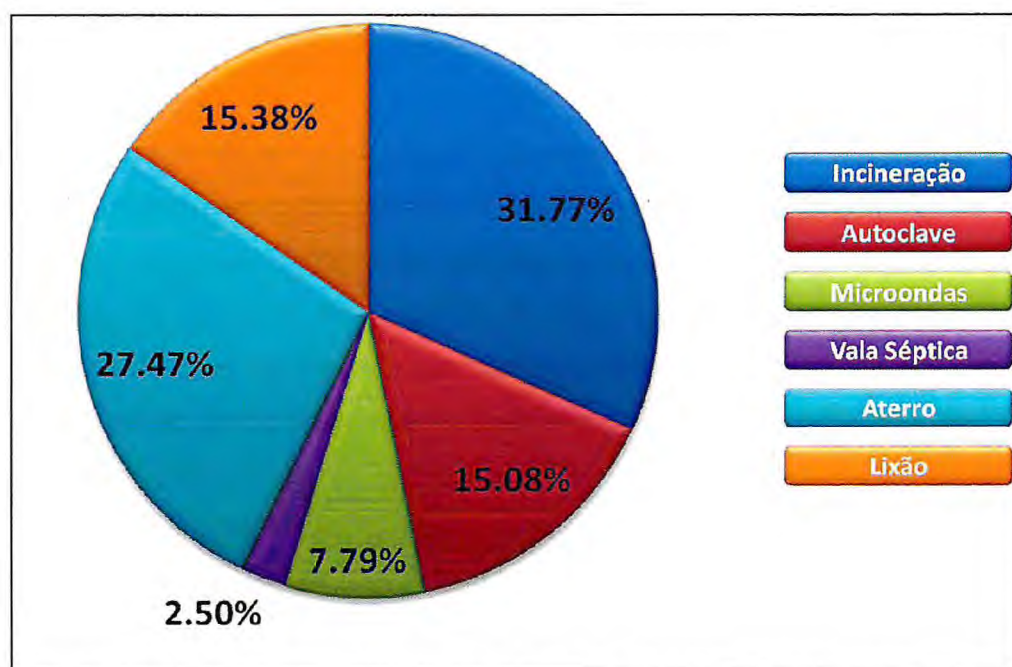


Gráfico 2: Distribuição por tipo de Destinação dada aos RSS Coletados (%)
Fonte: ABRELPE (2010).

4. ESTUDO DE CASO: CENTRO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS DE FORTALEZA

A implantação e operação do Centro de Tratamento de Resíduos perigosos, inicialmente chamado de Usina de Incineração de Lixo, objetivava, em seu projeto, concluído em 1999, a absorção dos resíduos sólidos das unidades de saúde de Fortaleza e de sua Região Metropolitana. Atualmente, a unidade trata praticamente todos os resíduos de serviço de saúde da capital do estado, bem como uma grande quantidade de resíduos industriais e do grupo B, através de dois equipamentos, um Incinerador de Leito Móvel e uma Autoclave.

O Incinerador é um equipamento de posse da Prefeitura Municipal de Fortaleza e, desde o ano de 2006, é operado e administrado pela Construtora Marquise S/A, que, através de processo licitatório, adquiriu os direitos de operação por cinco anos. A autoclave é um equipamento privado, instalado na unidade para aumentar a capacidade de tratamento, visto que a utilização do Incinerador de resíduos estava atingindo o ponto máximo. Ambos os equipamentos possuem licença de instalação e operação, emitidas pela Secretaria do Meio Ambiente e Controle Urbano da cidade de Fortaleza.

Desde o início de sua operação, sob a administração da Construtora Marquise S/A, em 2006, a unidade opera em regime de turnos, funcionando 24 horas por dia, com pausas regulares para manutenção. As manutenções corriqueiras são mensais, e duram cerca de dois dias. As manutenções gerais são trimestrais e duram aproximadamente sete dias corridos. A área total de 5096 m² é mantida em funcionamento por um total de 32 funcionários sendo: quatro turmas de operação do incinerador, duas turmas de operação da autoclave, encarregados de manutenção, pedreiros refratários, eletricitas, operadores de máquina e responsáveis pelos processos administrativos.

4.1 Processo de Incineração de Resíduos

O processo de incineração de resíduos sólidos está dividido em sistemas e subsistemas, que permitem um fácil entendimento de como o tratamento ocorre.

4.1.1 Sistema de pesagem dos resíduos

Os resíduos processados no Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos, transportados por veículos coletores apropriados, são pesados em uma balança rodoviária eletrônica com capacidade de 30 toneladas, equipada com impressora para emissão de tickets e dispositivo para controle quantitativo instalada no acesso principal do Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos.

4.1.2 Sistema de recepção e transferência dos resíduos

O descarregamento dos resíduos ocorre em dois fossos com capacidade cada um de 50 m³. Desta forma os fossos têm dimensões para atender 30 toneladas por dia e, por segurança operacional, estão dimensionados para receber cerca de duas vezes a capacidade total do Incinerador em 24 horas.

O comando do equipamento de transferência para o alimentador e seus acessórios, é feito de um ponto elevado, permitindo que o operador tenha ampla visão do campo de trabalho para a carga do incinerador. O lixo é transferido dos fossos de recepção para a moega de alimentação do incinerador na metade do período de operação a fim de possibilitar que ¼ do tempo de funcionamento do equipamento de transferência, seja utilizado para movimentação e mistura de carga ao longo de todo o volume útil do fosso e o ¼ restante, para o descanso do operador.

4.1.3 Sistemas de alimentação do incinerador

O lixo descarregado no fosso é manuseado por um guindaste hidráulico e um Pólipo (garra hidráulica). O Guindaste Hidráulico tem um ângulo de giro de 360° em único lance, através de moderno sistema de cremalheira e atinge um raio de 6 metros na horizontal e o Pólipo dotado de dentes com capacidade de agarrar materiais disformes, articulados independentemente por cilindros hidráulicos de duplo efeito com acionamento no próprio comando hidráulico do guindaste.

A linha de tratamento conta ainda com um componente que permite introduzir o lixo no forno de forma horizontal, contínua, automática e com todos os requisitos de segurança. Os

alimentadores automáticos estão instalados sob o pátio de recepção, e são alimentados, por gravidade, através de moegas instaladas em duas aberturas existentes no piso.

O alimentador está sincronizado com uma porta quadrante com parede refrigerada à água, que dá acesso à câmara de combustão primária de cada incinerador. O alimentador e a porta quadrante são acionados por cilindros hidráulicos de dupla ação, conectados a uma unidade hidráulica. Sua operação é comandada automaticamente através do sistema de controle.

Este sistema veda a entrada de golfadas de ar por ocasião do carregamento, mantendo sob controle o excesso de ar.

4.1.4 Sistema de incineração de resíduos

O sistema de tratamento de resíduos consiste em um incinerador capaz de incinerar 395 Kg/h de resíduos sólidos, projetado para operar sob pressão permanente negativa e para completa combustão de todo o resíduo, e dos gases resultantes, antes da entrada na conexão com o sistema de lavagem ou exaustão, bem como um conjunto leito combustão, quatro conjuntos de queimadores e/ou combustores; um soprador de ar sob fogo e um soprador de ar sobre fogo.

4.1.4.1 Equipamento Incinerador

O incinerador obedece às especificações da Classe V da classificação de incineradores do *Incinerator Institute of America*. O equipamento possui uma câmara de combustão primária onde o lixo é queimado, uma câmara de mistura onde se realiza a mistura dos gases oriundos da combustão do lixo com ar secundário e, uma terceira câmara identificada por câmara de combustão secundária onde os gases completam a sua queima. A primeira câmara tem área equivalente a 60% da área do equipamento, com dimensões de 7,70m de comprimento x 2,70m de largura x 3,10m de altura e é constituído de paredes externas formadas por três camisas (camisa de proteção em chapas e perfis de aço laminados a quente, camisa isolante em concreto refratário isolante e camisa em alvenaria refratária), paredes internas em alvenaria refratária, piso, leito atizador ou de combustão, portas de limpeza e inspeção, queimadores, sopradores de ar sob e sobre fogo e demais componentes.

Existe um controle de injeção de ar de combustão para queima primária de modo a evitar dispersão de partículas, além de um programa de controle dos ciclos de combustão e pós-combustão para permitir uma queima homogênea, segurança na operação e confiabilidade para a completa descontaminação das cinzas.

O tempo de permanência, calculado na temperatura de 870 °C, é de 2,6 segundos na combustão primária e de 1,7 segundos na combustão secundária, totalizando 4,3 segundos, com temperaturas máximas de 1000°C.

4.1.4.2 Leito de combustão

O leito de combustão de cada forno, sobre o qual o lixo é incinerado tem uma área horizontal de 7,70m². O leito de combustão é formado pela soleira em alvenaria refratária na entrada da alimentação e pelo leito atizador.

O leito atizador é formado por peças de ferro fundido, posicionadas em degraus e ligadas a um sistema hidráulico, comandado pelo sistema de controle, que proporciona um movimento contínuo e alternado, conduzindo o lixo desde a porta de acesso até o fosso de remoção de cinzas e escórias. Este movimento promove o atizador do lixo, aumentando o rendimento da combustão.

O leito atizador (leito de combustão) está dividido em duas seções, com as seguintes finalidades: a primeira seção para pré-secagem e ignição do lixo e a segunda para a combustão final do lixo. Essas seções têm dispositivos para ajustar as velocidades de movimentação. A pré-secagem e ignição do lixo possuem movimento maior do que o segundo leito ou leito das brasas, pelo fato do lixo já ter sofrido um processo de queima. Os resíduos da queima do lixo são continuamente descarregados do último degrau do leito atizador diretamente para um sistema removedor de cinzas e escórias.

4.1.4.3 Sopradores de ar

O ar de combustão de cada forno é composto de dois sopradores de ar, sendo um para forçar a admissão do ar sob fogo, lançando-o por baixo do leito atizador. O ar alcançará a câmara primária passando por frestas existentes nas peças de ferro fundido que compõem as duas seções

do leito de combustão, com ajustagem de vazão independente. Outro soprador forçará a introdução do ar sobre fogo, através de diversas aberturas. Estas aberturas têm as vazões ajustadas individualmente por meio de atuador motorizado interligado com um pirômetro e está localizado acima do leito de combustão a fim de promover a completa combustão, impedir a formação de depósitos nas paredes da fornalha e controlar a temperatura do forno.

4.1.4.4 Queimadores

O forno está equipado com quatro queimadores, dois na câmara primária e dois na câmara terciária (pós combustão).

Os queimadores, ou combustores, instalados na câmara primária têm a função de secar os resíduos e queimar os resíduos. Estes queimadores entram em operação durante a partida do forno, quando o resíduo for excessivamente úmido, auxiliando a combustão do mesmo, e sempre que a temperatura do forno estiver abaixo da faixa de operação indicada.

Os queimadores instalados na câmara terciária (pós combustão) tem a função de elevar a temperatura dos gases a fim de garantir a completa requeima dos gases resultantes da incineração dos resíduos. Estes queimadores são capazes de fornecer calor suficiente para rapidamente promover a ignição dos resíduos e requeima dos gases.

4.1.5 Sistema de descarga e retirada das cinzas e escórias

As cinzas e escórias oriundas da queima do lixo são descarregadas continuamente dentro de um fosso (mantido permanentemente cheio de água), situado debaixo do forno. No fosso, as cinzas e escórias escaldadas são removidas através de um transportador submerso motorizado que draga e conduz ao local de descarga. Este sistema de remoção, sem necessidade da extração através das portas da câmara de cinzas, evita a penetração de ar frio na fornalha o que garante a regularidade da combustão, e as cinzas previamente escaldadas eliminam por completo a indesejável poluição por partículas sólidas e fumaça causada quando se manipula as cinzas a seco.

As partículas acumuladas sobre o leito atizador e na câmara de coleta de lavador de gases são removidas através de um sistema de lavagem periódica, por jatos d'água dirigidos, que as conduzem para o fosso do removedor. O removedor de cinzas e escórias está diretamente ligado ao sistema de controle da unidade de incineração para operar sempre que o sistema de alimentação estiver em operação. O final do transportador está equipado com dispositivo ajustável para receber e descarregar as cinzas e escórias em um contêiner metálico. Este contêiner será içado para o caminhão coletor utilizado no serviço de limpeza pública da cidade e removido para o aterro sanitário, dando final a este material inerte, considerado Classe II-A na classificação de resíduos sólidos.

4.1.6 Sistema de tratamento de gases

Os sistemas para tratamento e/ou purificação dos gases, satisfaz os mais rígidos regulamentos sobre o controle da poluição atmosférica, de modo a permitir uma operação segura e econômica. Este sistema não só elimina a emissão das partículas como também absorve os gases poluentes provenientes da incineração.

A unidade de incineração tem um sistema de purificação dos gases constituído por dois lavadores de gases, sendo um lavador do tipo spray, para resfriamento dos gases e remoção de material particulado, e outro do tipo recheado, para remoção de poluentes gasosos, bem como um filtro de mangas, um soprador indutor de tiragem, um regulador de tiragem com acionamento hidráulico, dutos condutores, bombas de água de recirculação, tubulações, registros, medidor e controlador de pH e demais acessórios. O sistema de purificação de gases garante a completa renovação de todos os agentes poluidores conhecidos, inclusive dioxinas e furanos.

4.1.6.1 Lavagem a úmido em dois estágios

Para garantir a remoção dos vários agentes poluidores ou grupos de agentes com eficiência máxima a seguir do despoeiramento, o gás passa através de um sistema de lavagem em dois estágios. Na lavagem de halogênios que é o estágio ácido, o ácido clorídrico é o principal agente removido, bem como o ácido fluorídrico, o gás sulfídrico e os metais pesados, em particular o mercúrio.

No segundo estágio de lavagem neutra de SO₂, o dióxido de enxofre é removido do gás. Como meio neutralizador são utilizados Hidróxido de Cálcio ou Hidróxido de Magnésio. A solução estabiliza o pH em valor aproximadamente 7. Isto significa que valores muito baixos de SO₂ são atingidos na emissão para o meio ambiente durante a operação.

4.1.6.2 Filtro de Carvão Ativado e Filtro de Mangas

A remoção de dioxinas e furanos é realizada através de um filtro de coque ativado. O filtro é projetado com berços contendo uma camada de desgaste. Os gases atravessam horizontalmente pela camada filtrante, que é preenchida por coque de alto forno como meio adsorvente. Os filtros de coque ativo removem principalmente traços de compostos orgânicos, tais como: dioxinas, furanos e bifenil policlorados, podendo garantir os níveis permitidos por lei, visto que estes são os compostos, provenientes do tratamento de resíduos de serviço de saúde por incineração, mais danosos à saúde humana.

Adicionalmente, resíduos de poluentes inorgânicos, como poeiras muito finas e mercúrio, são também retidos. O sistema de coque ativo é livre de resíduos. Todos os demais poluentes foram extraídos nos outros estágios de purificação. Existe ainda um filtro de mangas, que é responsável por evitar que materiais particulados sejam enviados para a atmosfera, isto é, evita que a fumaça enviada ao meio ambiente pela chaminé contenha partículas em tamanho fora dos padrões permitidos.

4.1.7 Sistema de Tratamento de Efluentes Líquidos

Os leitos de secagem são unidades de tratamento, geralmente em forma de tanques retangulares, projetadas e construídas de modo a receber o lodo da ETE. Neles, se processa a redução de umidade com a drenagem e evaporação da água liberada durante o período de secagem. O funcionamento dos leitos de secagem é baseado em um processo natural de perda de umidade.

No caso do incinerador, o lodo são as cinzas oriundas do processo e incineração. Após a queima do resíduo, a cinza cai em um tanque de água que fica abaixo do incinerador e é levada para a ETE (Estação de Tratamento de Efluentes).

A ETE tem seis tanques, mas o tanque que possui a maior concentração de cinzas é o primeiro. Nos outros tanques a decantação e sedimentação são insignificantes e, por isso, a água é tratada e enviada novamente para o processo. Após a decantação das cinzas, a água do primeiro tanque é bombeada para os leitos de secagem (quatro tanques). A água passa por quatro camadas (areia fina, areia grossa, cascalho e brita), onde as cinzas são retidas e a água retorna para a ETE.

As cinzas ficam no leito de secagem até que toda a água seja evaporada ou escoe por gravidade de volta para a ETE. Esta cinza (classe II-A) é utilizada no processo de blendagem (ou enviadas para o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia), que consiste na mistura de resíduos líquidos ou pastosos com as cinzas, utilizando uma betoneira com capacidade para 580 litros. A blendagem é necessária, pois o incinerador só pode receber resíduos sólidos. O processo de blendagem está descrito no Anexo A.

4.1.8 Sistema de exaustão dos gases

A descarga dos gases na atmosfera da unidade de incineração é feita através de uma chaminé de exaustão construída em concreto refratário isolante revestido em aço de baixo carbono laminado a quente, que está ligada ao soprador indutor de tiragem, assim como diretamente à câmara secundária do forno. Esta última passagem permanece bloqueada por uma porta by-pass, que abrirá automaticamente em caso de emergência, permitindo a operação do forno com tiragem natural.

4.1.9 Sistema de emergência para saída dos gases

Os gases provenientes da câmara secundária dos incineradores são conduzidos através de duto que estará ligado no lavador de gases e chaminé. Entre as ligações duto/lavador e duto/chaminé, cada uma tem uma porta by-pass ou porta de bloqueio acionada por cilindros hidráulicos.

Quando em operação normal do forno, a porta que interliga a chaminé está permanentemente fechada e a que interliga o lavador está permanentemente aberta. Em caso de emergência, ou seja, na falta de energia elétrica ou paralisação das bombas de recirculação das águas do lavador de gases ou outra razão, automaticamente o posicionamento das portas

invertem, a porta que interliga a chaminé abre e a que interliga o lavador fecha. Este sistema permite tiragem natural dos gases, segurança total de operação e segurança total do lavador.

4.1.10 Sistema gerador de energia hidráulica

A unidade de incineração possui um sistema hidráulico completo encarregado de suprir o fluxo hidráulico para operação do alimentador automático de resíduos, porta quadrante, portas by-pass e leitos ataçadores.

4.1.11 Sistema de alimentação de combustível

O Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos conta com um sistema de alimentação de combustível. O sistema de alimentação de gás natural funciona através de uma rede de distribuição de gás, com a Companhia de Gás do Ceará sendo responsável pela garantia de alimentação de gás natural, que é a principal fonte combustível do Incinerador. Embora o acendimento do forno seja feito com gás natural, não existe uma grande demanda de gás natural por parte do equipamento de incineração, visto que esse gás só é utilizado após as paradas para manutenção, quando ocorre o esfriamento total do forno. Durante a operação normal, a própria combustão dos resíduos é responsável por manter o forno em atividade. A alimentação do forno com resíduos de maneira sistemática evita que o fogo se apague, evitando o uso dos acendedores e do combustível, gás natural.

4.1.12 Sistema de aproveitamento de calor

A energia liberada pela incineração é aproveitada para o aquecimento do ar de combustão e para secagem (evaporação) da água presente no lixo úmido e nas cinzas resultantes da operação, proporcionando considerável economia, pela redução do consumo de combustível auxiliar requerido pelo Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos.

O aproveitamento energético é obtido através de um recuperador localizado na saída dos gases quentes do forno, e o calor absorvido por meio de circulação forçada de água, através da qual a energia recuperada é distribuída para trocadores de calor específicos com o ar de secagem, com o ar de combustão, e com o óleo combustível.

4.1.13 Sistema de supervisão e controle

O sistema de Supervisão e Controle implantado permite a monitoração e operação remota da planta, através da sala de controle. Este sistema foi projetado de forma a atender a todos os requisitos de proteção e segurança estabelecidos, bem como a atender as principais normas internacionais, referentes a projeto e instalação deste tipo de sistema. O sistema foi dividido em dois subsistemas: Unidade de Controle e Unidade Estação de Operação.

A Unidade de Controle, responsável também pelas funções de aquisição de dados, constituída basicamente por um controlador lógico programável (CLP), que constitui a interface com o processo, recebendo as informações das variáveis de processo no campo, através dos seus transdutores, bem como, as variáveis de estado (aqueles que indicam o estado dos equipamentos mecânicos) e as condições de anormalidades das variáveis de processo. Estas informações são enviadas a Estação de Operação onde são manipuladas pelo operador. As variáveis de processo, correspondente às malhas de controle fechadas, são processadas nos controladores correspondentes, gerando então sinais de saída para os elementos finais de controle de forma a corrigir eventuais perturbações externas que desviem essas variáveis dos valores previamente ajustados. Esta unidade também será responsável pelo travamento lógico dos equipamentos mecânicos da planta, intervindo no processo, ligando ou desligando equipamentos, abrindo ou fechando válvulas, a fim de garantir uma operação eficiente e segura.

O sistema de supervisão e controle é responsável pela implantação no mínimo das seguintes malhas de controles: controle de temperatura das câmaras primária e secundária, controle de excesso de ar de combustão e controle de pressão na câmara secundária.

4.1.13.1 Controle de Temperatura da Câmara Primária

O controle de temperatura da câmara de combustão é feito prioritariamente através da variação da vazão de água injetada na câmara primária sob forma de *spray* a fim de aumentar ou diminuir a temperatura na mesma. Esta variação é conseguida através da modulação de uma válvula de controle, comandada por um controlador de temperatura, que por sua vez recebe informações dos sensores – transmissores de temperatura, localizados na câmara primária.

Com objetivo de se obter uma maior precisão na temperatura medida na câmara, foi feita a instalação de três sensores em pontos diferentes, obtendo desta forma, uma temperatura média.

Uma vez estando o processo estabilizado, a tendência da temperatura é subir acima dos valores operacionais aceitáveis, o que obriga a injeção de água na câmara, através de uma válvula de controle no sentido de reduzi-la. Caso a temperatura diminua abaixo dos valores preestabelecidos, o controlador de temperatura comanda os queimadores aumentando a vazão de combustível, aumentando a intensidade da chama e, por conseguinte, aumentando a temperatura na câmara de combustão.

4.1.13.2 Controle de Temperatura da Câmara de Pós Combustão

Os gases provenientes da queima dos resíduos na câmara primária, passam para a câmara de pós combustão, onde são superaquecidos para garantir a total destruição das substâncias resistentes às condições de temperatura na câmara primária.

O controle de temperatura dos gases na câmara de pós combustão é realizado através de um controlador de temperatura, que recebe informações de sensores transmissores de temperatura instalados na câmara, informando a temperatura do processo para que o operador atue de forma a aumentar ou diminuir a vazão de gás nos queimadores (aumentando ou diminuindo a intensidade da chama), mantendo a temperatura desejada.

4.1.13.3 Controle de Excesso de Ar de Combustão

A estabilização e eficiência na queima são fatores importantes no processo de combustão. Estas condições são conseguidas através do controle do excesso de ar. O controle de excesso de ar também é usado para garantir a eficiência da destruição térmica e minimizar a formação de composto orgânico geradores durante o processo de incineração.

O controle de excesso de ar é realizado através da medição contínua da percentagem de oxigênio contida nos gases provenientes da combustão. Um medidor - transmissor de O₂ instalado na saída dos gases na câmara de pós combustão - envia informações para um controlador de O₂, que por sua vez atua numa válvula de controle de vazão de ar, variando a

quantidade de ar injetado na câmara. A função desta válvula é fazer um ajuste fino, já que a maior parte do ar injetado na combustão é feito na câmara de mistura (anterior a câmara de pós combustão), através de uma válvula de controle manual, ajustada remotamente.

4.1.13.4 Controle de Pressão na Câmara de Pós Combustão

A exaustão dos gases provenientes da combustão é feita basicamente sob duas formas: exaustão natural ou exaustão induzida.

A exaustão natural só deve acontecer em condição anormal de operação, isto é, quando todo o sistema de Lavagem de gases e Recuperação de Calor não estiver funcionando, desta feita, se faz necessário o desvio da corrente de gases diretamente para a chaminé. Sob condição normal de operação, a exaustão dos gases é induzida através de um soprador de ar, localizado após a lavagem dos gases. O funcionamento deste soprador causa uma depressão na câmara de combustão. Esta depressão, ou pressão negativa é proporcional a vazão dos gases que saem das câmaras. Desta forma o controle de pressão na câmara é feito variando a vazão de gás que passam através do soprador. Um sensor transmissor de pressão da câmara primária envia informações para um controlador de pressão, que atua numa válvula de controle localizada na sucção do soprador, modulando a vazão dos gases.

De todos esses subsistemas, forma um sistema maior, chamado de processo de incineração de resíduos. O anexo B mostra o fluxograma do processo de incineração, facilitando a visualização e o entendimento.

4.2 Processo de Autoclavagem

Embora o processo de incineração de resíduos seja o responsável pelo tratamento da maior parte dos resíduos recebidos pela unidade, existe um segundo equipamento, responsável pelo tratamento de uma parcela menor, porém significativa do total de resíduos entrantes no Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos, a Autoclave.

O processo de autoclavagem utiliza alguns subsistemas supracitados no processo de incineração, a saber: sistema de pesagem dos resíduos e o sistema de recepção dos resíduos. Em

suma, o processo de entrada, pesagem e acondicionamento dos resíduos recebidos pela unidade é o mesmo, independente do tipo de tratamento que o resíduo venha a receber. A partir do acondicionamento nos dois fossos, os resíduos, dependendo do tipo de tratamento a receber, seguem fluxos diferentes.

A autoclave é um equipamento que trabalha no vácuo, com alta temperatura (145°C) e uma pressão acima da ambiente (1 a 4 Kgf/cm²). O aumento da temperatura e da pressão é realizado através da alimentação de vapor, oriundo de um gerador de vapor (caldeira). A autoclave é utilizada, geralmente, para esterilizar materiais hospitalares e, no caso do Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos, é utilizada para desinfetar Resíduos dos Serviços de Saúde. Atualmente, é operado em regime de turnos, trabalhando dois turnos por dia, inclusive aos sábados. As turmas de operação são compostas por um operador e dois ajudantes.

O equipamento tem as seguintes especificações técnicas:

1. Dimensões (largura x altura x comprimento) em milímetros: 1200 x 1661 x 5800;
2. Pressão de operação: 3,5 Kgf/cm²;
3. Temperatura de operação: 145 °C;
4. Material: A autoclave tem revestimento externo construídos por chapas de aço inoxidável AISI 316 TI, com acabamento escovado;
5. Desinfecção de 320 kg de Resíduos de Serviço de Saúde por hora
6. Alimentação de vapor: 350 Kg/h.

Para a alimentação do vapor, será utilizada uma caldeira com capacidade máxima de geração de 500 kg/h de vapor, mas a autoclave irá necessitar de apenas 350 kg/h a uma pressão de 5 kgf/cm² (pressão máxima de operação da caldeira = 10 kgf/cm²).

A água utilizada pela caldeira para a geração de vapor não é fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará, pois a qualidade da água proveniente dessa companhia não é suficiente para atender as especificações da operação da autoclave. Sendo assim, foi construído um poço profundo com capacidade para atender toda a demanda de água da caldeira para a geração de vapor para o processo de autoclavagem. Contudo, a qualidade da água do poço profundo também não é a ideal. Logo, se faz necessário um pré tratamento dos afluentes, de forma a melhorar a

qualidade da água, tornando-a ideal para o processo. O tratamento da água do poço é feito através de um pré tratamento com filtro de areia, seguido de um sistema de osmose reversa.

O processo de tratamento dos afluentes é realizado através de um tratamento por filtro de área que retira ou minimiza na alimentação do módulo de osmose reversa, material particulado e/ou outros componentes considerados macro que poderiam vir a obstruir os canais das membranas do módulo. Em seguida, a água passa pelo sistema de osmose reversa que, mesmo sendo bastante eficiente, ainda gera um rejeito, ou seja, água que não poderá ser utilizada na geração de vapor, na ordem de 40 litros a cada 100 litros de água tratada, devido à qualidade da água proveniente do poço profundo. Esse rejeito tem parte reincorporada ao processo, para um novo tratamento e parte enviada para a Estação de Tratamento de Efluentes, que é a mesma descrita acima, no processo de incineração de resíduos. Após o tratamento por osmose reversa, a água segue para a caldeira.

O vapor gerado é enviado para a autoclave e o que é condensado durante a linha passa por um processo de filtragem e é direcionado para um tanque de condensado, para posteriormente ser enviado para a caldeira novamente.

O queimador da caldeira funciona com gás natural e os gases de combustão serão enviados para a atmosfera através de uma chaminé. O equipamento não gera resíduos sólidos.

O vapor alimentado na autoclave acaba condensando após o ciclo de esterilização, que dura cerca de 90 minutos, e é enviado para um tanque de resfriamento, que faz parte do sistema neutralizador de efluentes, onde o condensado é resfriado e uma parte é enviada para uma bomba de vácuo.

Neste momento, o ar e o condensado gerado no ciclo do equipamento são aspirados pela Bomba de Vácuo e transferidos para o tanque de resfriamento, passando para um segundo tanque somente o que exceder o volume de 170 litros. O ar aspirado passará por um filtro.

O segundo tanque possui um filtro neutralizador de íons, que são dois eletrodos, um de cobre e um de prata, responsáveis por dispersar e matar as colônias de microrganismos que restarem no condensado.

Após esse tratamento por ionização, a água vai para a Estação de Tratamento de Efluentes.

O tratamento dos resíduos se dá através da alimentação manual da autoclave. Os resíduos armazenados nos fossos citados no processo de incineração de resíduos são colocados em cinco carros de alimentação da autoclave, que são inseridos manualmente dentro do equipamento. O equipamento possui duas barras de ferro nas laterais internas. Essas barras de ferro funcionam como um trilho, facilitando a colocação dos cinco carros alimentadores. Com o equipamento carregado, o operador inicia o processo através de um quadro de comando elétrico. Após o ciclo, já com os resíduos esterilizados, os carros alimentadores são retirados do equipamento por uma porta na ponta oposta a ponta na qual acontece a alimentação e são colocados, um a um, em fila para o processo de trituração.

Para garantia de desinfecção total dos resíduos são utilizados os seguintes indicadores de eficiência de esterilização:

1. *Teste Bowie-Dick 1233 (3M) – Indicador Químico de Classe 02*: responsável pelo monitoramento do desempenho do equipamento. O pacote contendo a folha do teste Bowie-Dick é ser colocado de 10 a 20 cm acima do dreno na autoclave vazia. Este teste é capaz de acusar as causas das falhas durante o processo, ocasionados pelo mau funcionamento da bomba de vácuo. É utilizado diariamente no primeiro ciclo do dia, ainda sem carga de resíduos. A autoclave só deverá ser liberada para uso após o resultado aprovado deste teste.
2. *Indicador Biológico de Leitura Rápida 1292 (3M)*: São considerados controladores de carga de esterilização, são eles que determinam se é possível liberar ou não as cargas processadas, dependendo do resultado obtido. Neste indicador estão contidos esporos vivos de *Geobacillus stearothermophilus* que são os microrganismos extremamente

resistentes ao processo de esterilização a vapor. Após o processamento no esterilizador e a incubação por tempo médio de 3 horas, caso este microrganismo não sobreviva, certamente qualquer outra forma de vida nos resíduos processados terá sido eliminada. É utilizado diariamente no primeiro ciclo com carga, acondicionado em um dispositivo de desafio do sistema, que consiste em uma caixa de 18 x 13 x 8 cm de aço inox contendo as medidas de 200 x 140 cm de tecido não tecido (TNT) dobrado no meio sete vezes, resultando em 128 camadas de 17,5 x 12,5 cm cada, cuja função é desafiar a autoclave em situações de maior dificuldade de penetração do vapor. Desta forma, caso o Indicador biológico ou o Integrador Químico apresentem resultados satisfatórios nas condições de dificuldade de penetração do vapor propostas pelo dispositivo, certamente a carga do ciclo a ser esterilizada estará apta a ser descartada.

3. *Integrador Químico Comply 1243 – Indicador Químico de Classe 05*: monitora todos os parâmetros críticos de esterilização (temperatura, tempo, vapor e pressão) e sua performance equivale ou excede a curva de morte microbiana do *Geobacillus stearothermophilus*. Sua leitura se dá por mudança de limite, pois quando todos os parâmetros críticos do processo de esterilização são atingidos, ocorre o derretimento da substância química presente no interior do indicador. São liberadores de cargas subsequentes, que são as demais cargas do dia após a primeira carga monitorada pelo Indicador Biológico. Deverá ser colocado em pacote desafio com as mesmas características do pacote do Indicador Biológico de 10 a 20 cm acima do dreno na autoclave.

Esses testes garantem efetivamente a qualidade do tratamento dos resíduos e, para fins de fiscalização, todos os indicadores utilizados são armazenados. Como todos os ciclos da autoclave têm um indicador químico, esse é armazenado juntamente com a folha de registro de cada ciclo de esterilização.

O processo de esterilização dos resíduos por autoclavagem não gera emissão de gases e os resíduos sólidos desinfetados, triturados, são dispostos em contêineres metálicos e, por serem considerados classe II-A, enviados para o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste de Caucaia.

4.3 Análise da utilização da capacidade

Tendo apresentado a unidade, bem como os dois equipamentos pelos quais os resíduos de serviço de saúde são tratados, uma análise da utilização da capacidade de tratamento instalada na unidade será feita. Para tanto, foram levantados os dados com relação às horas trabalhadas durante o ano de 2010, a quantidade de resíduos efetivamente tratados, bem como o levantamento de horas disponíveis do equipamento e a capacidade nominal de cada equipamento. Com isso, é possível calcular quando da capacidade nominal do equipamento está sendo efetivamente utilizada. Além disso, com as informações relativas à quantidade de resíduos tratados, relacionando com as horas disponíveis, pode-se calcular a capacidade total da unidade, bem como a sua utilização.

Como a unidade possui dois equipamentos independentes, para o cálculo de horas disponíveis foram consideradas as horas acumuladas por ambos os equipamentos. Logo, em se tratando de um dia com três turnos de trabalho, as horas disponíveis para ambos os equipamentos totalizam 48, sendo 24 de cada um dos dois tipos de tratamento.

Para determinar as horas disponíveis de cada equipamento, é preciso entender que existem pausas programadas e, por estarem consideradas em projeto, não podem ser consideradas no cálculo da capacidade instalada da unidade.

O incinerador de resíduos é projetado para ter pausas mensalmente, sendo dois dias por mês durante o ano inteiro, com quatro dias a mais durante três meses do ano, visto que as pausas para manutenção geral ocorrem três vezes por ano. Em suma, de janeiro a dezembro, deve-se considerar o número de dias do mês menos dois, e nos meses de parada para manutenção, o número de dias do mês, menos seis. Durante o ano de 2010, os meses em que o equipamento ficou parado para manutenção geral foram Fevereiro, Maio e Dezembro. Para esse equipamento, não existem manutenções diárias previstas em projeto. Logo, são consideradas, para os dias de trabalho, vinte e quatro horas diárias de capacidade nominal.

Para a autoclave, o projeto prevê pausas para manutenção diárias para limpeza e conservação, na ordem de três a quatro horas, bem como pausas semestrais de sete dias para manutenção geral. Em suma, para os dias trabalhados desse equipamento, são consideradas vinte horas de capacidade nominal. Anualmente, devem ser considerados todos os dias do mês, exceto os meses de junho e dezembro, quando são considerados todos os dias, menos sete.

Com isso, as tabelas 6 e 7 mostram as horas nominais disponíveis e as horas efetivamente trabalhadas para ambos os equipamentos no ano de 2010. Considerando que a autoclave teve o início de sua operação apenas no mês de outubro, não existem dados relacionados a utilização da capacidade instalada nos períodos anteriores.

Incinerador 2010				
Mês	Dias Totais	Dias Disponíveis	Horas Disponíveis	Horas Trabalhadas
Janeiro	31	29	696	684
Fevereiro	28	22	528	512
Março	31	29	696	662
Abril	30	28	672	679
Maior	31	25	600	583
Junho	30	28	672	719
Julho	31	29	696	705.5
Agosto	31	29	696	706
Setembro	30	28	672	628.5
Outubro	31	29	696	677
Novembro	30	28	672	676
Dezembro	31	25	600	574
Total	365	329	7896	7806

Tabela 6: Horas disponíveis e trabalhadas Incinerador no ano de 2010
 Fonte: Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (2011)

Autoclave 2010				
Mês	Dias Totais	Dias Disponíveis	Horas Disponíveis	Horas Trabalhadas
Janeiro	-	-	-	-
Fevereiro	-	-	-	-
Março	-	-	-	-
Abril	-	-	-	-

Maio	-	-	-	-
Junho	-	-	-	-
Julho	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-
Setembro	-	-	-	-
Outubro	31	31	620	160
Novembro	30	30	600	176
Dezembro	31	24	480	416
Total	92	85	1700	752

Tabela 7: Horas disponíveis e trabalhadas Autoclave no ano de 2010

Fonte: Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (2011)

Percebe-se que em alguns meses, o número de horas disponíveis é menor que o número de horas trabalhadas. Isso ocorre porque em alguns meses não há respeito ao número de horas que deveriam ser destinadas à manutenção do equipamento.

De acordo com as tabelas acima, é possível realizar o cálculo da utilização da capacidade de ambos os equipamentos no ano de 2010. Os cálculos para ambos os equipamentos apresentam os seguintes resultados:

$$\text{Utilização da Capacidade (Incinerador)} = \frac{7806}{7896} = 98,86\%$$

$$\text{Utilização da Capacidade (Autoclave)} = \frac{752}{1700} = 44,24\%$$

Considerando as horas disponíveis para ambos os equipamentos, bem como a sua utilização efetua-se o cálculo de utilização da capacidade da unidade, à saber:

$$\text{Utilização da Capacidade (Incinerador + Autoclave)} = \frac{8558}{9596} = 89,18\%$$

A capacidade nominal do equipamento é dada na unidade kg/h. O produto dessa capacidade nominal pelo número de horas disponíveis resultará na capacidade instalada de tratamento de resíduos do equipamento. Considerando 625 kg/h de capacidade instalada do

Incinerador, segundo informações do manual do equipamento, e utilizando a informação acerca das horas disponíveis apresentadas na tabela 6, a capacidade de tratamento desse equipamento no ano de 2010 foi de 4.935.000 quilogramas. A tabela 8 mostra a quantidade de resíduos tratados no ano de 2010, bem como a relação dela com a quantidade de horas trabalhadas no mesmo período.

Incinerador 2010			
Mês	Horas Trabalhadas	Quilogramas Incinerados	Kg / horas trabalhadas
Janeiro	684	255.483,00	373,51
Fevereiro	512	225.471,00	440,37
Março	662	334.462,00	505,23
Abril	679	301.742,35	444,39
Maiο	583	299.868,00	514,35
Junho	719	304.378,00	423,34
Julho	705.5	320.859,00	454,80
Agosto	706	310.746,80	440,15
Setembro	628.5	265.249,00	422,04
Outubro	677	284.767,00	420,63
Novembro	676	327.638,00	484,67
Dezembro	574	323.685,00	563,91
Total	7806	3.554.349,15	455,34

Tabela 8: Quilogramas por hora trabalhada Incinerador 2010
 Fonte: Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (2011)

Com a informação apresentada na tabela acima, é possível calcular a utilização da capacidade do instalada do Incinerador no ano de 2010, à saber:

$$\text{Utilização da Capacidade (Incinerador)} = \frac{455,34}{625} = 72,85\%$$

Realizando o mesmo cálculo de utilização da capacidade, agora para a Autoclave, considerando a capacidade nominal de 320 kg/h, e utilizando a informação acerca das horas disponíveis apresentadas na tabela 7, a capacidade de tratamento de resíduos da Autoclave, no ano de 2010, foi de 544.000 quilogramas. A tabela 9 mostra a quantidade de resíduos tratados

através de Autoclavagem no ano de 2010, bem como a relação dessa quantidade com as horas trabalhadas no mesmo período.

Autoclave 2010			
Mês	Horas Trabalhadas	Quilogramas Incinerados	Kg / horas trabalhadas
Janeiro	-	-	-
Fevereiro	-	-	-
Março	-	-	-
Abril	-	-	-
Maio	-	-	-
Junho	-	-	-
Julho	-	-	-
Agosto	-	-	-
Setembro	-	-	-
Outubro	160	23.289,60	145,56
Novembro	176	32.436,80	184,30
Dezembro	416	74.214,40	178,40
Total	752	129.940,80	172,79

Tabela 9: Quilogramas por hora trabalhada Autoclave 2010
Fonte: Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos (2011)

Com a informação apresentada na tabela acima, é possível calcular a utilização da capacidade da Autoclave no ano de 2010, à saber:

$$\text{Utilização da Capacidade (Autoclave)} = \frac{172,79}{320} = 54,00\%$$

O último cálculo a ser realizado para se obter a informação da utilização da capacidade diz respeito a quantidade total de resíduos efetivamente tratados. Essa informação é importante para determinar quanto da capacidade projetada está efetivamente sendo utilizada, considerando o máximo de horas disponíveis para ambos os equipamentos. Se, em 2010, a capacidade projetada do Incinerador, com a utilização máxima de horas disponíveis, desconsiderando as horas destinadas para a manutenção, foi de 4.935.000 quilogramas, e o mesmo cálculo para a Autoclave resultou em 544.000 quilogramas, a capacidade máxima de tratamento de resíduos da unidade no ano de 2010 foi de 5.479.000 quilogramas. Com essa informação, bem como a

quantidade de resíduos efetivamente tratados, é possível calcular a utilização da capacidade total de tratamento de resíduos, à saber:

$$\text{Utilização da Capacidade (Incinerador + Autoclave)} = \frac{3.684.289,95}{5.479.000} = 67,24\%$$

4.4 Previsão de Demanda

A previsão de demanda de resíduos de serviços de saúde é um fator importante para a definição da capacidade necessária para o tratamento de tais resíduos em períodos futuros. Para a previsão realizada no Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos, foram consideradas as quantidades de resíduos tratados nos últimos três anos. A metodologia utilizada é uma análise de série temporal, do período de 2008 até 2010, com uma constante de ajuste igual à média do crescimento observado no mesmo período. Sendo assim, para o mês de janeiro de 2011, por exemplo, foi calculada uma média ponderada, com pesos iguais a 0,7, 0,2 e 0,1, respectivamente, para os períodos 2010, 2009 e 2008, das quantidades tratadas no mês de janeiro dos anos de 2008, 2009 e 2010, ajustando o valor com a média dos percentuais de crescimento observada entre os períodos 2007-2008, 2008-2009 e 2009-2010.

A tabela 10 mostra as quantidades tratadas de resíduos nos períodos considerados para a previsão de demanda do ano de 2011, bem como as variações entre os períodos e os períodos imediatamente anteriores. Já a tabela 11 mostra os resultados obtidos no cálculo da previsão de demanda para o ano de 2011, utilizando a metodologia explicada no parágrafo anterior.

MÊS	2008		2009		2010	
	Quantidade (Kg)	Variação Anual	Quantidade (Kg)	Variação Anual	Quantidade (Kg)	Variação Anual
JAN	231.920	12%	256.680	10%	255.483	0%
FEV	220.489	18%	246.241	10%	225.471	-9%
MAR	254.727	16%	300.484	15%	334.462	10%
ABR	260.098	20%	259.049	0%	301.742	14%
MAI	257.167	6%	325.484	21%	299.868	-9%
JUN	255.164	14%	279.881	9%	304.378	8%
JUL	269.052	14%	271.405	1%	320.859	15%
AGO	250.105	14%	271.834	8%	310.747	13%

SET	202.056	1%	282.149	28%	265.249	-6%
OUT	250.065	14%	238.061	-5%	308.057	23%
NOV	240.584	10%	257.340	7%	360.075	29%
DEZ	269.611	20%	257.900	-5%	397.899	35%
MÉDIA	246.753	13%	270.542	8%	307.024	10%
TOTAL	2.961.037		3.246.508		3.684.290	

Tabela 10: Quantidades de resíduos tratados 2008-2010

Fonte: Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos adaptada pelo autor (2011)

MÊS	2011		
	Média Ponderada	Média do Crescimento Observado	Previsão de Demanda Ajustada
JAN	253.366	7%	271.477
FEV	229.127	6%	243.998
MAR	319.693	14%	363.959
ABR	289.039	11%	321.687
MAI	300.721	6%	319.418
JUN	294.557	10%	325.150
JUL	305.788	10%	336.662
AGO	296.900	11%	330.738
SET	262.310	8%	281.997
OUT	288.258	11%	318.681
NOV	327.579	15%	377.221
DEZ	357.071	17%	417.335
MÉDIA	293.701	11%	324.776
TOTAL	3.524.408		3.908.323

Tabela 11: Previsão de demanda para o ano de 2011

Fonte: Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos adaptada pelo autor (2011)

Com os resultados obtidos, é possível calcular a capacidade necessária para o tratamento de todos os resíduos a serem recebidos no ano de 2011, segundo a metodologia utilizada. Como a capacidade instalada da unidade, considerando ambos os equipamentos, é de 5.479.000 quilogramas de resíduos, percebe-se que a demanda prevista de 3.908.323 pode ser atendida. Entretanto, a utilização da capacidade, se a demanda se confirmar passará a ser a seguinte:

$$\text{Utilização da Capacidade (Incinerador + Autoclave)} = \frac{3.908.323}{5.479.000} = 71,33\%$$

5. CONCLUSÃO

A questão dos resíduos sólidos está se difundindo na sociedade nas últimas décadas. Com o aumento da preocupação com o meio ambiente, especialmente com as questões de aquecimento global, e a difusão dos pensamentos sustentáveis, bem como as suas aplicações práticas, a questão dos resíduos sólidos tem sido mais discutida, não só no meio acadêmico e de pesquisa, mas também na sociedade como um todo. A sociedade tem se preocupado mais com as suas responsabilidades e obrigações no que tange à geração e destinação dos resíduos.

No Brasil, essa questão é muito menos difundida e menos discutida, gerando menos conscientização e, conseqüentemente, mais problemas, especialmente no que tange à geração e destinação final. Com a sanção da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, no ano de 2010, espera-se alcançar um nível maior de conscientização e preocupação dos governantes, bem como de uma maior participação da sociedade, especialmente pela introdução dos conceitos de responsabilidade compartilhada e hierarquia na gestão dos resíduos.

No que diz respeito à questão dos resíduos de serviço de saúde, bem como outros tipos de resíduos que demandam tratamento antes de serem enviados para aterros sanitários, os problemas são maiores. A princípio, levanta-se a questão da capacidade de tratamento, que pode ser considerada baixa para os padrões de geração existentes no Brasil. Entretanto, não se sabe com precisão se a capacidade instalada no Brasil é, de fato, insuficiente para o atendimento da demanda. Dessa forma, não se sabe se as quantidades geradas estão sendo enviadas para tratamento e, por falta de capacidade, destinadas incorretamente para aterros sanitários, valas sépticas ou mesmo lixões, ou se estão sendo destinadas incorretamente por negligência ou desinformação dos geradores.

É sabido que a falta de fiscalização por parte dos órgãos competentes é uma das grandes causas da negligência dos geradores de resíduos que requerem tratamento. Esse fator, aliado aos altos custos de transporte, tratamento e destinação final, acabam por gerar uma prática incorreta entre os mesmos. No estudo realizado, percebe-se que a capacidade instalada do Centro de Tratamento de Resíduos Perigosos de Fortaleza não é totalmente utilizada, gerando uma capacidade ociosa de 32,7%. Essa informação é relevante, especialmente devido ao grande

número de geradores de Resíduos de Serviço de Saúde existentes em Fortaleza, região metropolitana e interior do Estado do Ceará, cujos resíduos, provavelmente, estão sendo, mesmo que parcialmente, enviados para destinação incorreta. Mesmo considerando o crescimento da demanda para o ano de 2011, a capacidade da unidade estudada ainda seria suficiente para tratar os resíduos de serviço de saúde gerados.

O Incinerador, segundo a sua licença de operação, tem permissão para tratar resíduos industriais na ordem 20% da sua capacidade instalada, desde que dê prioridade para os resíduos de serviços de saúde. De fato existe uma demanda para tratamento de resíduos industriais, mas, embora essa quantidade não tenha sido considerada para o estudo, não é suficiente para acabar com a capacidade ociosa da unidade. Essa informação alerta para a falta de fiscalização dos geradores industriais que, por força da legislação, são obrigados a tratar seus resíduos, antes de enviá-los para disposição final. Embora existam outras opções de tratamento para os resíduos gerados no Ceará, é sabido que a unidade de tratamento estudada, por questões de distância e, conseqüentemente, custos de transporte, oferece as melhores condições para os geradores da região metropolitana de Fortaleza e, em alguns casos, do interior do Estado do Ceará.

O estudo realizado provoca alguns questionamentos, visto que a capacidade não está sendo totalmente utilizada, mesmo sabendo que a quantidade de resíduos gerados é maior do que a capacidade de tratamento existente. Tendo pretendido reproduzir fidedignamente os conceitos de administração da produção, bem como levantado a questão dos resíduos sólidos, e estudado uma unidade importante, no que diz respeito ao tratamento de resíduos no Estado do Ceará, espera-se ter contribuído substancialmente para o tema, bem como levantado novas questões.

REFERÊNCIAS

AQUILANO, N. J.; CHASE, R.B.; DAVIS, M. M. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2010.pdf>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS – ABETRE. **Política nacional de resíduos sólidos a visão do setor de tratamento de resíduos**. 23 de Setembro de 2010. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/tecnologia-ambiental/camaras/ABETRE-Agenda-Regulatoria-03-02-2011.pdf>>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004. Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12808. Resíduos de Serviço de Saúde: Classificação**. Rio de Janeiro, 1993.

BERTUSSI FILHO, L.A. **Curso de Resíduos de Serviços de Saúde: Gerenciamento, Tratamento e Destinação Final – ABES**. Curitiba, 1994.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESS/USP, 1999.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010. Lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Casa Civil – Subchefia para Assuntos Jurídicos disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Brasília, 2010.

CASTRO NETO, P.P.; GUIMARÃES, P.C. V. **A Gestão dos Resíduos de São Paulo e o Desafio do Desenvolvimento Sustentável**. Revista de Administração Pública: Rio de Janeiro, v. 34., n. 87-104, jun/ago2000.

Chiavenato, Idalberto. **Administração da Produção: uma abordagem introdutória**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 5, de 05 de agosto de 1993**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=130> acesso em 23/05/11, às 19:15 h.

_____. **Resolução Nº 358, de 29 de abril de 2005**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462> acesso em 23/05/11, às 19:20 h.

_____. **Resolução Nº 283, de 12 de julho de 2001**. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=281> acesso em 23/05/11, às 19:30h.

ELEUTÉRIO, J.P.L.; HAMADA, J.; PADIM, A.F. **Gerenciamento Eficaz no Tratamento dos Resíduos de Serviços de Saúde: Estudo de Duas Tecnologias Térmicas**. Rio de Janeiro, 2008.

MORGADO, T.C.; FERREIRA, O. **Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Co-Geração de Energia: Estudo para a Região Metropolitana de Goiânia**, 2006. Disponível em: <http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file>, acesso em 14/05/11, 10h.

NOVAK, F.R. **Autoclavagem**. Instituto Fernandes Figueira / FIOCRUZ. Rio de Janeiro, Disponível em: <http://www.biosegurancahospitalar.com.br/files/autoclavagem.doc>, acesso em 12/05/11, 19h.

REIS, R.V.; **Processo de Gestão em Incineração de Resíduos Sólidos de Serviço de Saúde: Uma Aplicação em Materiais e Aproveitamento Energético**. Santa Maria, 2004. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1108>, acesso em 14/05/11.

SCHALCH, V. et al. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. São Carlos, 2002.

VOLLMANN, T. E. et al. **Planejamento e Controle da Produção para o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2006.

ANEXO A – Processo de Blendagem

O processo de blendagem surgiu diante da necessidade de incinerar resíduos industriais ou da saúde que chegavam no estado líquido e pastoso.

A câmara primária, onde acontece a queima inicial dos resíduos, possui grelhas (equipamento feito de ferro fundido), que movimentam o resíduo até o final da câmara primária. As grelhas possuem espaços entre elas que, se for inserido resíduo na forma líquida ou pastosa, irá escoar direto para a ETE, sem que haja o tratamento.

A blendagem é uma mistura física que ocorre entre um substrato inerte, cinzas oriundas da incineração, por exemplo, e o resíduo líquido ou pastoso.

A mistura é realizada com a ajuda de uma betoneira, equipamento muito utilizado pela construção civil na mistura de materiais. O substrato inerte e o resíduo líquido ou pastoso são inseridos no equipamento na proporção devida e depois é iniciada a rotação da betoneira para que a mistura se torne homogênea.

A betoneira do incinerador é semi-automática, com capacidade para 580 litros, a rotação é realizada através de uma bomba e o enchimento do tanque de mistura é feito manualmente. Seguem-se todas as normas de segurança necessárias para a execução correta do procedimento. São seguidas as normas que direcionam a utilização dos EPI's e EPC's.

A capacidade de blendagem diária depende da quantidade de substrato inerte disponível. O substrato utilizado é caracterizado e só pode ser utilizado se especificado como material não-inerte e não-perigoso II-A, classificado de acordo com a norma NBR 10.014 – ABNT.

Observação: antes de realizar o procedimento de blendagem, o resíduo líquido ou pastoso é caracterizado qualitativamente e quantitativamente pela empresa AMBIENGE. Este procedimento serve para nos orientar quando a emissão dos gases gerados pela queima desses resíduos e o seu poder calorífico.

TRATAMENTO DE RIL (Resíduo Industrial Líquido):

PROCEDIMENTO ILUSTRATIVO DO PROCESSO DE BENDAGEM



CINZAS



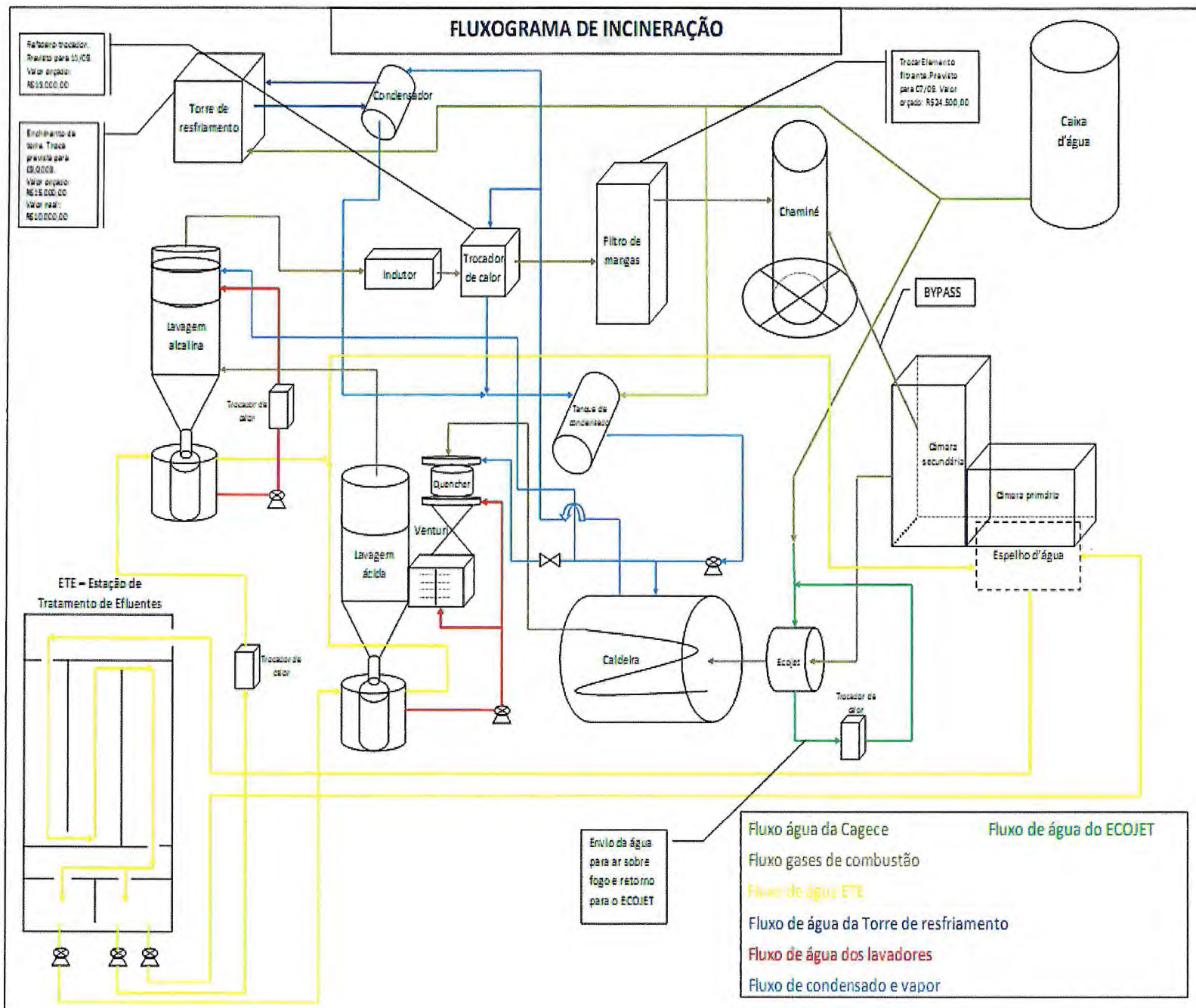
CARREGAMENTO



DOSAGEM DE LÍQUIDO

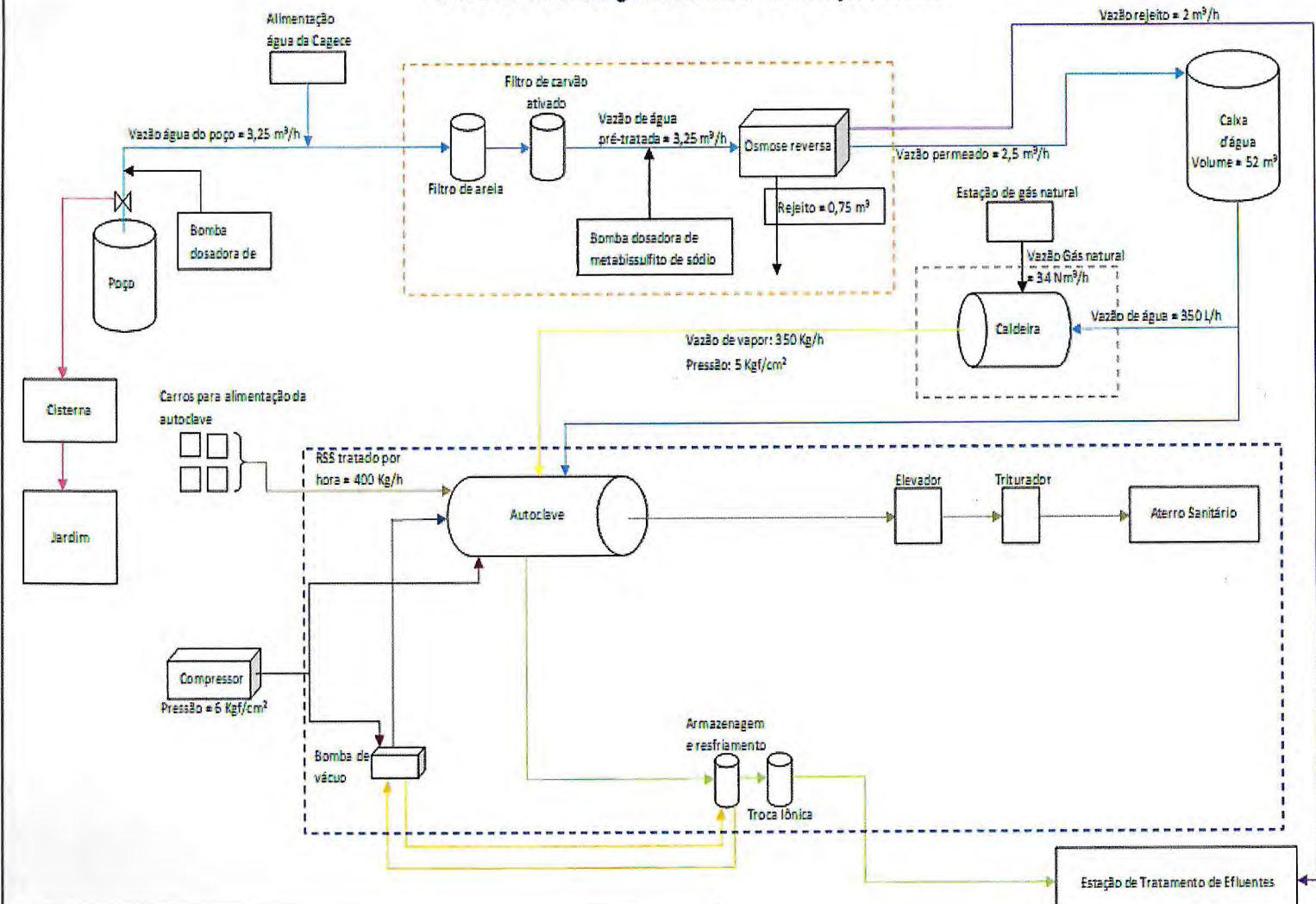


DESCARTE NO FOSSO



ANEXO B – Fluxograma de Incineração

Processo de autoclavagem de Resíduos dos Serviços de Saúde



Legenda:

Fluxo de água tratada para alimentação do processo;	Fluxo de ar comprimido;
Área coberta de operação da autoclave;	Fluxo de vapor;
Circulação do condensado resfriado para bomba de vácuo;	Dreno do condensado (resíduo líquido da autoclave);
Fluxo do Resíduo do Serviço de Saúde;	Casa da caldeira;
Área coberta e de operação da ETA (Estação de Tratamento de água);	Fluxo do rejeito da Osmose Reversa
Linha de vácuo	Água para alimentação do jardim

ANEXO C – Fluxograma de Autoclavagem