



# Open Research Online

---

The Open University's repository of research publications and other research outputs

## Aplicação de Análise e Modelagem Multidimensional para o Monitoramento de Resíduos Sólidos Industriais

Conference or Workshop Item

How to cite:

Carvalho, Ana R. S.; Silva, Edson P.; Viana, Thiago A. M. N. and do Rego, Renata L. M. E. (2011). Aplicação de Análise e Modelagem Multidimensional para o Monitoramento de Resíduos Sólidos Industriais. In: ANAIS VI CONNEPI - Ciências Exatas e da Terra, 0042-0042.

For guidance on citations see [FAQs](#).

© 2011 da Editora do IFRN

Version: Version of Record

Link(s) to article on publisher's website:

<http://portal.ifrn.edu.br/pesquisa/editora/livros-para-download/vi-connepi-ciencias-exatas-e-da-terra>

---

Copyright and Moral Rights for the articles on this site are retained by the individual authors and/or other copyright owners. For more information on Open Research Online's data [policy](#) on reuse of materials please consult the policies page.

---

[oro.open.ac.uk](http://oro.open.ac.uk)

## APLICAÇÃO DE ANÁLISE E MODELAGEM MULTIDIMENSIONAL PARA O MONITORAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Ana R. S. de Carvalho<sup>1</sup>, Edson P. da Silva<sup>1</sup>, Thiago A. M. N. Viana<sup>1</sup> e Renata L. M. E. do Rêgo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Pernambuco - Campus Recife

anarc@gmail.com - edsonpatric@gmail.com - tamnv@recife.ifpe.edu.br - renatarego@recife.ifpe.edu.br

### RESUMO

A poluição ambiental está associada à alteração ocorrida no meio ambiente que causa desequilíbrio e prejudica a vida no ecossistema. Alterações estas causadas por atividade exercidas pelo homem. Como exemplo, as etapas do processo de industrialização e as consequências causadas pela urbanização. Os resíduos sólidos industriais são um dos maiores responsáveis pela poluição, contaminação do solo e das águas fluviais e subterrâneas, através da forma inadequada de disposição, devido a ausência ou o inadequado gerenciamento dos resíduos gerados. O grau de poluição está relacionado diretamente ao tipo de atividade econômica desenvolvida pela indústria, onde a classificação e a quantificação dos resíduos variam em função das práticas de consumo e dos métodos de produção adotado pela mesma. Por outro lado, os sistemas de informação são capazes de automatizar diversas tarefas do dia a dia e podem ser aplicados nas diversas áreas do conhecimento. Este trabalho propõe a aplicação de um sistema de informação como ferramenta de apoio ao controle e monitoramento da poluição. Tal sistema está baseado no conceito de análise multidimensional, na qual é possível o processamento de grande massa de dados sobre varias dimensões em curto espaço de tempo. Tais sistemas são utilizados na tomada de decisão por partes gerencias de uma empresa. Assim sendo, o objetivo desse sistema é demonstrar uma análise mais precisa sobre monitoramento de resíduos sólidos industriais. Para o modelo multidimensional foram utilizados dados fornecidos pela Agência Estadual de Meio Ambiente – CPRH/PE, em formato de planilhas eletrônicas. Após a geração do sistema foi possível realizar uma análise estatística que demonstrou que o tipo de destinação dos resíduos sólidos industriais mais adotado é a destinação externa, o qual pode vir a ser um dos maiores fatores para o aumento da poluição ambiental. Tal análise foi possível em um tempo quase dez vezes mais rápido do que a realizada pela CPRH/PE através das planilhas eletrônicas, assim sendo, constatando a eficiência de técnicas de análise e modelagem multidimensional.

**Palavras-chave:** poluição ambiental, resíduos sólidos industriais, modelagem multidimensional.

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da capacidade de processamento e de armazenamento de dados pelos computadores trouxe a difícil tarefa de extrair conhecimento dentro da imensidão de dados espalhados em diversos servidores e em computadores pessoais. Com base nesse problema surgiu a análise multidimensional, baseada na criação de *Datawarehouses* (INMON, 1997), os quais são um grande repositório de dados com o objetivo de armazenar informações de estratégia organizacional de forma consolidada para rápida análise e tomada de decisão.

A análise multidimensional pode ser aplicada nas diversas áreas do conhecimento, até mesmo como ferramenta de apoio ao controle e monitoramento da poluição ambiental. A poluição gerada pelos resíduos sólidos industriais está relacionada a sua atividade econômica e a forma inadequada de disposição, devido a ausência ou o inadequado gerenciamento dos resíduos gerados. O recebimento de dados relativos às ações adotadas no gerenciamento dos resíduos pelas indústrias é a base fundamental para o controle e monitoramento dos mesmos. Contudo, possuir os dados e não conseguir processar em tempo ágil os resultados inviabiliza o monitoramento e a adoção de ações preventivas. A CPRH/PE, por exemplo, leva cerca de dois meses para obter tal análise.

Neste contexto, o trabalho propõem a utilização de modelagem multidimensional, através da criação de um *Datawarehouse*, que servirá como ferramenta de gestão possibilitando subsídios para tomadas de decisões, além de proporcionar agilidade na obtenção dos resultados e do monitoramento.

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira a Seção 2 descreve alguns conceitos sobre a modelagem multidimensional necessários para o entendimento deste artigo. A Seção 3 aborda alguns conceitos relacionados ao monitoramento dos resíduos sólidos industriais. Na Seção 4 está descrita a metodologia para a criação do modelo multidimensional utilizado neste trabalho. A Seção 5 apresenta a análise dos resultados após aplicação do sistema proposto. Por fim, a Seção 6 trata das considerações finais e as devidas conclusões referentes a este trabalho.

## 2. FUNDAMENTOS PARA A ANÁLISE E MODELAGEM MULTIDIMENSIONAL

A análise multidimensional é uma técnica de modelagem que acondiciona os dados de acordo com consultas e processos específicos do negócio (IMHOFF, 2003). Utilizada por gerentes de alto nível estratégico de uma empresa, com o intuito de analisar dados e indicadores em grandes bases de dados, sobre diferentes dimensões em um tempo bem mais curto do que o realizado por sistemas comuns (ANDRADE, 2003). Sua construção é baseada na definição de um *Datawarehouse*. Nesse contexto, um *Datawarehouse* (DW) é um grande armazém de informações construído com dados em diferentes níveis de detalhes, departamentalizados, com organização histórica, compondo um amplo sistema de informações estratégicas para uma empresa. Desse modo, os dados podem ser analisados pelos gestores de um negócio (MAIOR, 2009).

Para que uma grande massa de dados possa ser processada em um rápido tempo, o modelo multidimensional é constituído por três elementos básicos: fatos, dimensões e medidas (MACHADO, 2008).

Os fatos são utilizados para analisar o processo de negócio de uma empresa, e tem como característica básica serem representados por valores numéricos que variam ao longo do tempo, normalmente correspondem a um item, uma transação ou um evento de negócio. As dimensões são os elementos que participam de um fato, e determinam as formas de visualizar os dados. Por sua vez, as medidas são atributos numéricos que representam um fato, e representam a performance de um indicador relativo às dimensões que participam do fato. Os valores de uma medida são determinados pela combinação das dimensões que participam do fato. Na Figura 1 é possível observar um modelo multidimensional (MACHADO, 2009), nele o fato, é representado pelo quantitativo das vendas, abrangendo as dimensões de localização, produto e tempo representadas pelos eixos X, Y e Z do

cubo respectivamente. Os quantitativos de vendas que são apresentados dentro das células do cubo são as medidas. Com base nessa representação é possível a realização de consultas do tipo: A quantidade vendida do produto A localizado na cidade de Aracaju no ano 2009 representou um total de 41.

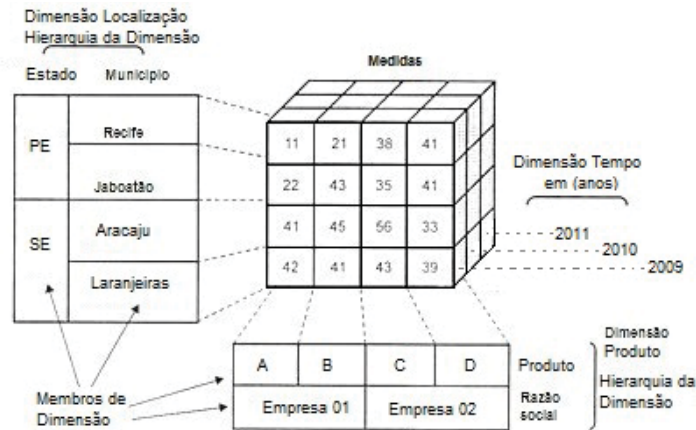


Figura 1. Exemplo de um modelo multidimensional

Os DWs podem ser implementados em SGBDs Relacionais, que armazenam os dados em tabelas (relações) e suportam extensões à SQL para acessar os dados do modelo multidimensional de maneira eficiente (THOMSEN, 2002).

O processo de criação de um DW passa por três importantes etapas: Extração, Transformação e Carga, conhecido como processo de ETC (KIMBALL, 2002). Na etapa de Extração são obtidos os dados nas diversas fontes operacionais e externas de um ambiente de negócio. Contudo, a maioria dos dados possuem divergências e inconsistências após unificados, por isso, muitas vezes se faz necessário ajustes nos modelos e tipos dos mesmos, esta etapa é denominada Transformação. Por fim, após os dados serem extraídos e transformados, estes podem ser inseridos diretamente no DW, esta etapa é conhecida como Carga. A etapa de Carga é comumente repetida, quando do aumento dos dados após um determinado período de tempo, constituindo assim uma recarga do DW (MACHADO, 2008).

Dentre as ferramentas existentes para análise e modelagem multidimensional, podemos citar: Oracle BI (KEVIN, 2005), SQLServer (MANZANO, 2009) e Pentaho (BOUMAN, 2009). Para este trabalho, o Pentaho foi escolhido pois dentre as citadas anteriormente é a única completamente gratuita. O Pentaho é uma plataforma composta por um módulo central acoplado a um grande número de ferramentas que podem ser utilizadas em conjunto ou separadamente, tais ferramentas, auxiliam no gerenciamento e na construção de soluções voltadas para a análise de negócios de uma empresa ou organização. Com o Pentaho é possível gerar relatórios gerenciais que apoiem a tomada de decisões, utilizando-se de um modelo multidimensional.

### 3. MONITORAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Os resíduos sólidos industriais são provenientes de atividades de pesquisa e de transformação de matérias-primas e substâncias orgânicas ou inorgânicas em novos produtos. Também são considerados resíduos sólidos industriais aqueles gerados pelas atividades: (a) mineração e extração; (b) montagem e de manipulação de produtos acabados; (c) apoio, depósito e administração das indústrias; (d) Estações de Tratamento de Água e Estações de Tratamento de Esgoto (PERNAMBUCO, 2010).

Os resíduos sólidos industriais são classificados como: Perigosos e Não Perigosos sendo: (a) Os Resíduos Perigosos aqueles que de acordo com suas características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade podem apresentar riscos para a sociedade ou para o meio ambiente (NBR10004, 2004). (b) Os Resíduos Não Perigosos não apresentam nenhuma das características descritas acima, mas pode ser do tipo não inerte e inerte,

onde: (b1) Os não inerte podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. (b2) Os inertes quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, nem tiver nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

A destinação dos resíduos sólidos industriais pode ser classificada em dois tipos: destinação interna quando o gerador reutiliza o resíduo no próprio processo industrial ou está armazenando temporariamente na indústria prevendo futura destinação. E a destinação externa, que ocorre quando os resíduos são tratados por outra indústria (CPRH/FNMA, 2003).

O monitoramento dos resíduos sólidos industriais no Estado de Pernambuco é realizado com base nos resultados obtidos pelo Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais (SGRI) ([www.cprh.pe.gov.br/industriaOnline](http://www.cprh.pe.gov.br/industriaOnline)), que é considerado uma das ferramentas de gestão para o controle dos resíduos sólidos industriais gerados, visando proporcionar a atualização do Inventário de Resíduos Sólidos Industriais do estado. Objetivando assim, manter o banco de dados da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH/PE) atualizado. Através deste sistema, as indústrias anualmente declaram de forma sistemática, todo o procedimento de gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, abrangendo desde a geração, armazenamento, transporte e as formas de destinação adotadas por estas.

A CPRH, por sua vez, utiliza-se dos dados do SGRI para, através de planilhas eletrônicas realizar análises referentes à destinação dos resíduos sólidos industriais anuais.

#### 4. METODOLOGIA

Esta Seção apresenta a metodologia adota neste trabalho, abrangendo as subseções: (a) modelagem do *Datawarehouse*; (b) extração, transformação e carga (ETC); (c) aplicação do Pentaho.

##### 4.1 Modelagem do Datawarehouse

A fonte de dados utilizada foi obtida através do relatório gerencial de consultas do sistema operacional - SGRI, disponibilizados no formato de planilhas eletrônicas e organizados da seguinte maneira: **Dados do gerador do resíduo**, composto por: Razão Social, CNPJ e Município; **Dados da geração dos resíduos**, composto por: Código, Quantidade gerada, Unidade de medida e Estado físico e, por fim, **Dados da destinação dos resíduos**, composto por descrição da destinação interna e/ou externa.

A CPRH/PE utiliza-se destas planilhas eletrônicas para realizar análises sobre a destinação dada pelas indústrias aos Resíduos Sólidos Industriais. Contudo, apenas para montar estas planilhas a CPRH/PE leva cerca de dois meses. Após a montagem das mesmas, as consultas utilizadas pela gerencia são realizadas em uma média de 12 minutos. Por este motivo, foi definida a criação de um modelo multidimensional que unificasse os dados e realizasse consultas em um tempo bem mais hábil.

Conforme descrito na Seção 2, um modelo multidimensional é definido através de três elementos: Fato, Dimensões e Medidas. O Fato a ser analisado é a *geração dos resíduos sólidos industriais*, por possuir relação com tempo e espaço, ou seja, é gerado em um determinado momento no tempo e em um determinado local. Possibilitando atender a demanda de consultas através de dimensões, como, por exemplo: “Qual a quantidade de resíduos sólidos industriais gerados em um determinado município em um dado ano?”.

O modelo multidimensional foi construído levando em consideração os requisitos de análise utilizados pela CPRH/PE, os quais são: (a) Quantitativo da geração dos Resíduos Sólidos Industriais por tipo de classificação (perigoso e não perigoso), abrangendo Região de Desenvolvimento, ao longo dos anos; (b) Quantitativo da destinação dos Resíduos Sólidos Industriais, por tipo de destinação (interno e externo), abrangendo Região de Desenvolvimento, ao longo dos anos; (c) Quantitativo da destinação

dos Resíduos Sólidos Industriais, por tipo de classificação (perigoso e não perigoso), abrangendo tipo de destinação (interno e externo), ao longo dos anos.

Com base nos requisitos analíticos descritos acima, foram definidas 6(seis) dimensões: *Tempo*, abrange informação do ano em que os resíduos foram gerados; *Gerador*, abrange dados referentes a razão social e CNPJ das indústrias geradoras de resíduos; *Local*, corresponde a região de desenvolvimento e município onde os resíduos foram gerados; *Tipo Resíduo*, abrange informações referentes a classificação e descrição do resíduo; *Destino Interno*, abrange informações da forma de destinação interna aplicada aos resíduos e *Destino Externo*, abrange informações da forma de destinação externa aplicada aos resíduos.

As medidas integrantes do fato foram: (a) *Quantidade gerada*, representa o quanto foi gerado por tipo de resíduo; (b) *Quantidade destinada internamente*, representa o quanto foi destinado internamente por tipo de resíduo gerado e (c) *Quantidade destinada externamente*, representa o quantitativo da destinação externa por tipo de resíduos gerado. A Figura 2 apresenta o modelo multidimensional do sistema definido por este trabalho.

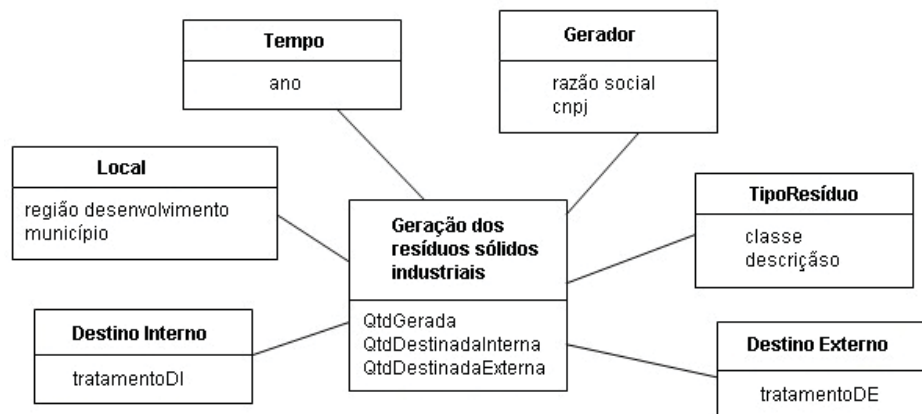


Figura 2 – Modelo Multidimensional do Sistema

#### 4.2 Extração transformação e carga(ETC)

Na etapa de Extração, os dados das planilhas eletrônicas foram convertidos para o formato de dados csv e depois importados para um repositório intermediário. Este repositório reuniu em um único banco todos os dados existentes nas diversas planilhas. Facilitando os processos de análise dos dados existentes, transformação e carga dos dados para o *Datawarehouse*.

Antes de carregar os dados no DW foi realizada uma análise cuidadosa nos mesmos, e durante esta análise foram identificadas incompatibilidades dos dados disponibilizados nas planilhas eletrônicas referente as unidades de medidas diferentes para o mesmo tipo de resíduos, por exemplo, resíduos de papel e papelão estavam informados em algumas planilhas quantificados como em tonelada(t) e em outras em quilograma(kg). Além disso, foram encontrados casos onde uma mesma palavra estava descrita de formas diferentes. Foram ainda encontradas algumas informações que não estavam explícitas nas planilhas eletrônicas, por exemplo, a classificação dos resíduos (perigoso e não perigosos) não estava diretamente informada, constava-se apenas a informação do código. Contudo, através do código foi possível colocar no banco de dados as informações referentes à sua classificação. Do mesmo modo, os dados referentes à identificação da região de desenvolvimento do gerador do resíduo não estavam diretamente informados, mas a partir da análise gerada pelo município, este sim presente nas planilhas eletrônicas, foi possível a adequação no banco de dados de modo a classificá-los por região.

A etapa de transformação foi responsável por resolver as inconsistências, tratar a ausência de informações e realizar as transformações identificadas durante a análise dos dados. Dentre as transformações realizadas tiveram: A Padronização da unidade de medida para Tonelada, sendo

necessário dividir por 1000 o quantitativo que está associado à unidade de medida do tipo: Quilograma (Kg). A identificação da classe dos resíduos, listados através de todos os códigos que estão vinculados aos resíduos perigosos e feito o mesmo para os não perigosos. Para a identificação da Região de Desenvolvimento também foram listados os município que estão vinculados a uma determinada região de desenvolvimento, por exemplo, se os municípios forem: Abreu e Lima, Recife ou Olinda então a Região de Desenvolvimento será a Região Metropolitana.

Para finalizar, na etapa de Carga foram realizadas rotinas automáticas, responsáveis por selecionar no repositório intermediário dados específicos e os carregar na dimensão correspondente, como, por exemplo, selecionar os dados referentes a razão social e CNPJ e os carregar na dimensão *Gerador*. O mesmo ocorreu para as demais dimensões e o fato. As cargas incrementais, ou seja, aquelas realizadas periodicamente depois que o DW já está em uso, foram planejadas para ocorrerem anualmente, levando em consideração o ano da última carga. Os dados das novas planilhas são carregados para o repositório intermediário e somente os registros do repositório intermediário em que o ano de geração do resíduo for maior que o ano em que aconteceu a última carga, são carregados para o DW.

### 4.3 Aplicação do Pentaho

A etapa de utilização do sistema Pentaho, iniciou-se com a instalação e configuração do software em ambiente LINUX (UBUNTU). Em seguida, foi realizado o mapeamento do modelo multidimensional definido na Subseção 4.1 para o Pentaho. Na Figura 3 é possível visualizar este mapeamento através de uma das ferramentas do Pentaho, denominada *Workbench*. Nela é possível observar que o cubo representa o fato definido no trabalho, que neste caso é a geração de resíduos sólidos industriais, sendo composto por várias hierarquias, níveis e medidas. Onde cada hierarquia representa uma dimensão definida no modelo, por exemplo, na Figura 3 a hierarquia *tipoResiduo* representa o mapeamento da dimensão *TipoResiduo* proposto no modelo multidimensional, para a tabela no banco de dados que irá representar, através do Pentaho, a referida dimensão. Os níveis correspondem aos atributos que compõem cada dimensão, por exemplo, *Classe Residuo* e *Descrição*, que agrupados a outros níveis proporcionam a obtenção de informações de visões diferentes sobre o fato.

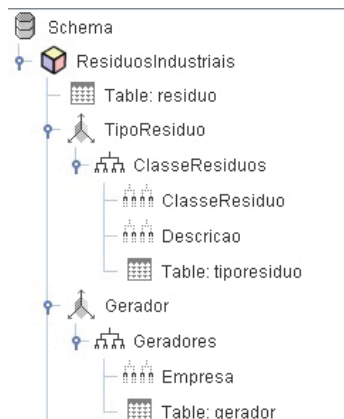


Figura 3 – Imagem do esquema multidimensional no Pentaho

Após o mapeamento de todas as dimensões e do fato, o modelo criado no Pentaho foi publicado para ser usado com o intuito de realização de consultas. O Pentaho permite, através de uma ferramenta denominada Pentaho BI, que um modelo multidimensional possa receber análises sobre as informações em um banco de dados. Nesta ferramenta de análise, foram aplicadas as três consultas realizadas pela CPRH/PE, definidas na Subseção 4.1. Em seguida, foram medidos os tempos necessários para a realização destas consultas e as mesmas foram comparadas com o tempo utilizado pela CPRH/PE atualmente através das planilhas eletrônicas. Os resultados desta análise estão descritos na Seção 5.

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta Seção apresenta os resultados obtidos através da análise e modelagem multidimensional com a ferramenta Pentaho sobre os resíduos sólidos industriais. Como definido na Seção 4, após contato com a CPRH/PE foram levantadas as principais formas de consulta e análises estatísticas realizadas sobre os resíduos sólidos industriais no estado. As consultas estão demonstradas e comentadas abaixo:

**Consulta 1-** Quantitativo da geração dos Resíduos Sólidos Industriais por tipo de classificação (perigoso e não perigoso), abrangendo Região de Desenvolvimento, ao longo dos anos.

Diante do resultado obtido na Figura 4, pode-se constatar que, em relação aos resíduos não perigosos a Região de Desenvolvimento que se destacou com o maior índice de geração foi a Mata Norte, no ano de 2009. Já para o ano de 2010, destaca-se a Região Metropolitana neste quesito. Em relação os Resíduos Perigosos se destacou com o maior índice de geração a Mata Sul, no ano de 2009. Porém para o ano de 2010, quem se destacou foi a Região Metropolitana. Utilizando o modelo multidimensional criado neste trabalho a consulta foi obtida no tempo de 2 minutos. Para a mesma consulta, realizada pela CPRH/PE, através de planilhas eletrônicas, é necessário um tempo de 10 minutos. Constata-se assim um ganho de 80% através do modelo multidimensional.

Localizacao	ano			
	2009		2010	
	●+ Nao Perigoso	●+ Perigoso	●+ Nao Perigoso	●+ Perigoso
+ Agreste Central	2.475,55	4.658,7	236,88	
+ Agreste Meridional	850,65	606,1	2.794,97	109,43
+ Mata Norte	2.105.923,5	548,6	2,3	173
+ Mata Sul	809.804,55	778.721,86	2.204,75	11.410,77
+ Regiao Metropolitana	847.380,19	46.193,27	70.940,61	33.297,94
+ Sertao do Araripe	7.296,08	3,28	3.533,7	27,62
+ Sertao do Pajeu	13			
+ Sertao do Sao Francisco	6.784,34		2.632,18	

**Figura 4 – Imagem do Pentaho sobre o quantitativo da geração dos resíduos abrangendo: tipo do resíduo, local e ano.**

**Consulta2-** Quantitativo da destinação dos Resíduos Sólidos Industriais, por tipo de destinação (interno e externo), abrangendo Região de Desenvolvimento, ao longo dos anos.

Com base nos resultados apresentados na Figura 5, No ano de 2009 a Mata Norte destaca-se quanto ao quantitativo de destinação interna e a Mata Sul na destinação externa. Em 2010, a Região Metropolitana destaca-se no quantitativo de destinação interna e externa. É possível ainda perceber que o tipo de destinação mais adotado pelas indústrias nos anos de 2009 e 2010 é a Destinação Externa. Utilizado o modelo multidimensional criado neste trabalho, a consulta foi obtida no tempo de 1 minuto. Para a mesma consulta ser realizada pela CPRH/PE, utilizando-se das planilhas eletrônicas, é necessário um tempo de 15 minutos. Constata-se assim um ganho de 93,33% através do modelo multidimensional.



ano	Localizacao	• QtdDestinoExterno	• QtdDestinoInterno
2009	+ Agreste Central	7.129,23	5,02
	+ Agreste Meridional	1.454,06	2,69
	+ Mata Norte	982.948,06	1.123.425,27
	+ Mata Sul	1.111.665,48	476.831,43
	+ Regiao Metropolitana	318.139,78	575.437,52
	+ Sertao do Araripe	3.748,4	3.550,99
	+ Sertao do Pajeu	13	0
	+ Sertao do Sao Francisco	6.784,34	0
2010	+ Agreste Central	236,88	0
	+ Agreste Meridional	2.876,85	27,56
	+ Mata Norte	175,15	0,15
	+ Mata Sul	2.483,44	11.132,08
	+ Regiao Metropolitana	72.541,04	31.709,4
	+ Sertao do Araripe	30,06	3.531,26
	+ Sertao do Sao Francisco	2.260,27	371,91

Figura 5 – Imagem do Pentaho sobre o quantitativo da geração dos resíduos abrangendo: tipo, local e ano.

**Consulta3-** Quantitativo da destinação dos Resíduos Sólidos Industriais, por tipo de classificação (perigoso e não perigoso), abrangendo tipo de destinação (interno e externo), ao longo dos anos.

Na Figura 6 é possível observar a geração dos resíduos por classe e por tipo de destinação, abrangendo os anos de 2009 e 2010. Assim constata-se que para a geração dos resíduos não perigosos o tipo predominante é a destinação externa. Utilizando o modelo multidimensional criado neste trabalho, a consulta foi obtida no tempo de 1 minuto. Para a mesma consulta ser realizada pela CPRH/PE, utilizando-se das planilhas eletrônicas, é necessário um tempo de 10 minutos. Constata-se assim um ganho de 90% através do modelo multidimensional.

ano	ClasseResiduos	• QtdDestinoInterno	• QtdDestinoExterno
2009	+ Nao Perigoso	1.743.933,89	2.036.567,08
	+ Perigoso	435.319,03	395.315,27
2010	+ Nao Perigoso	11.911,74	70.445,61
	+ Perigoso	34.860,62	10.158,08

Figura 6 – Imagem do Pentaho sobre quantitativo da destinação dos resíduos abrangendo: classe e ano.

A Tabela 1 apresenta os tempos necessários para a realização das consultas realizadas pela CPRH/PE, através das planilhas eletrônicas, método utilizado atualmente e confrontando-se com estes os tempos necessários para as mesmas consultas, através do modelo multidimensional proposto neste trabalho. Pode-se constatar um ganho médio de 88% no desempenho durante a realização das consultas, que pode ser proporcionado pela utilização do modelo multidimensional. No caso da consulta 3, por exemplo, o desempenho foi dez vezes mais rápido, visto que uma consulta realizada em 10min passou a ser realizada em 1min.

Tabela 1 – Tempo gasto para a realização das consultas

	Tempo gasto	% ganho
--	-------------	---------

Consulta	Planilhas eletrônicas	Modelo Multidimensional	
Quantitativo da geração dos Resíduos Sólidos Industriais por tipo de classificação (perigoso e não perigoso), abrangendo Região de Desenvolvimento, ao longo dos anos.	10min	2min	80%
Quantitativo da destinação dos Resíduos Sólidos Industriais, por tipo de destinação (interno e externo), abrangendo Região de Desenvolvimento, ao longo dos anos.	15min	1min	93,33%
Quantitativo da destinação dos Resíduos Sólidos Industriais, por tipo de classificação (perigoso e não perigoso), abrangendo tipo de destinação (interno e externo), ao longo dos anos	10min	1min	90%

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou a aplicação de um modelo multidimensional para o monitoramento dos resíduos sólidos industriais, através da criação de um modelo multidimensional, com os dados obtidos de várias planilhas eletrônicas e através do auxílio da ferramenta Pentaho para realização das consultas definidas pela CPRH/PE. Foi possível observar que a aplicação de um modelo multidimensional proporcionou a CPRH/PE a obtenção de resultados de forma consideravelmente mais ágil. Para a montagem dos dados através de planilhas eletrônicas, meio utilizado atualmente pela CPRH/PE, são necessários dois meses. O trabalho aqui relatado, levou cerca de um mês para realizar o mesmo trabalho e montar todo o modelo multidimensional através das ferramentas do Pentaho. Com o ambiente já pronto, a inclusão de novos dados levarão apenas cerca de um dia. Esta mesma inclusão, realizada pela CPRH/PE, através das planilhas eletrônicas, custam novos dois meses. Além disso, os resultados apresentados na Seção 5, demonstram que o tempo para processamento das consultas, através do modelo multidimensional, possui em média um desempenho 88% melhor. Tornando a obtenção das informações sobre o monitoramento de resíduos sólidos industriais muito mais rápida. Os resultados, ora apresentados, foram divulgados à CPRH/PE, que mostraram bastante interesse em modificar a forma de análise de dados para o modelo proposto neste trabalho. A migração já está em sua fase inicial.

A partir deste trabalho é possível perceber como a análise modelagem multidimensional é fundamental para processamento de grande quantidade de dados em um curto espaço de tempo. Assim oferecendo aos seus usuários a possibilidade de identificar rapidamente problemas que antes levariam meses para se constatar, e hoje pode ser feito em questão de minutos, além do considerável ganho de tempo demonstrado anteriormente na Seção 5. O uso da análise multidimensional foi peça chave para obtenção de resultados que contribuíram para o controle e monitoramento dos resíduos sólidos industriais na CPRH/PE.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ANDRADE, Fábio; SANTIAGO, Luciano. **Introdução aos conceitos de Modelagem Multidimensional Aplicados a Data Warehouses**, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR10004**: Informação e documentação: Referências: Elaboração. Rio de Janeiro, 2004.

BOUMAN & DONGEN, **Pentaho Solutions: Business Intelligence and Data Warehousing with Pentaho and MySQL**. Wiley, 2009.

CPRH/FNMA, **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais – Pernambuco**. Recife, 2003.

INMON, W. H. **Como construir o Data Warehouse**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

IMHOFF, Claudia; GALEMMO, Nicholas; GEIGER, J. G. **Mastering Data Warehouse Design: Relational and Dimensional Techniques**. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2003. 438 p.

KIMBALL, Ralph; ROSS, Margy. **The Data Warehouse Toolkit: guia completo para modelagem dimensional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

MACHADO, Felipe N. R. **Tecnologia e Projeto de Data Warehouse: uma visão multidimensional**. 4.ed. São Paulo: Érica, 2008.

MAIOR, Bruno; BERNARDO, Luiz; FERREIRA, Manuele; SILVA, Robson, **Uma solução Open Source para o SIGDB**. Relatório Técnico, Universidade Federal da Bahia, 2009.

PERNAMBUCO. **Lei n.14.236, de 13 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Palácio do Campo das Princesas 13 de dezembro de 2010.

THOMSEN, Erik. **OLAP: construindo sistemas de informações multidimensionais**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2002.