

Paulo César Garro dos Santos Guimarães

O Uso do Geoprocessamento na Identificação de
Áreas Vulneráveis a Partir de Cenários de Riscos
Industriais Simulados

XII Curso de Especialização em Geoprocessamento
2010



UFMG
Instituto de Geociências
Departamento de Cartografia
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha
Belo Horizonte
cartog@igc.ufmg.br

Paulo César Garro dos Santos Guimarães

**O USO DO GEOPROCESSAMENTO NA IDENTIFICAÇÃO
DE ÁREAS VULNERÁVEIS A PARTIR DE
CENÁRIOS DE RISCOS INDUSTRIAIS SIMULADOS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de especialista em Geoprocessamento. Curso de especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientadora: Maria Márcia Magela Machado

BELO HORIZONTE

2010

GUIMARAES, Paulo Cesar Garro dos Santos
O Uso do Geoprocessamento na Identificação de Áreas
Vulneráveis a Partir de Cenários de Riscos Industriais Simulados, 2010.
vi, 38 f.: il.

Monografia (Especialização) – Universidade Federal de Minas
Gerais. Instituto de Geociências. Departamento Cartografia, 2010.
Orientador: Prof. Maria Márcia Magela Machado

1. Álgebra de Mapas 2. SIG 3. Acidentes Industriais I.
Título.

Aluno (a) Paulo César Garro dos Santos Guimarães

Monografia defendida e aprovada em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do título de Especialista em Geoprocessamento, em 24 de Novembro de 2010, pela Banca Examinadora constituída pelos professores:

Professora Dra. Maria Márcia Magela Machado - UFMG

Professor Me. Christian Rezende Freitas - UFMG

RESUMO

A utilização da tecnologia na preparação e resposta para cenários emergenciais torna-se de grande relevância na medida em que é cada vez mais importante diminuir o tempo para as respostas a emergências industriais, sejam elas ambientais, tecnológicas ou sociais. O objeto desse estudo é a utilização do geoprocessamento na identificação de áreas vulneráveis a partir de cenários de riscos industriais simulados, como uma ferramenta de preparação e resposta em emergências industriais ampliadas, levando em consideração as Análises de Riscos já existentes, tendo como estudo de caso a Refinaria Gabriel Passos – REGAP em Betim/MG. Percebe-se que as técnicas de geoprocessamento podem ser aplicadas no mapeamento de áreas de risco de acidentes, auxiliando na identificação de prioridades e na definição de políticas de uso e ocupação do solo no entorno das indústrias. Neste contexto, o mapeamento dos estudos de análises de riscos pode integrar as informações de riscos com a sua aplicação na realidade através de modelos gerados a partir do mapeamento. Para o desenvolvimento de uma análise integrada dos riscos das instalações industriais, foi aplicada junto à análise de risco existente na REGAP, o mapeamento dos principais cenários acidentais, determinando os polígonos de extensão das áreas atingidas, o SIG foi utilizado para a geração de polígonos de extensão dessas áreas de alcance das hipóteses acidentais, a sobreposição dos resultados e na soma dos valores de risco para geração de um mapa de vulnerabilidade total da Refinaria.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	ix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - APRESENTAÇÃO	1
1.2 – OBJETIVOS.....	3
1.3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	4
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1 – RISCOS DE ACIDENTES INDUSTRIAIS	9
2.2 – ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCOS - EAR	10
2.3 – OS RISCOS DE ACIDENTES E O MUNICÍPIO DE BETIM.....	12
2.4 – REFINARIA GABRIEL PASSOS E SUAS INSTALAÇÕES	13
2.5 – GEOPROCESSAMENTO	15
2.6 – ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS.....	15
2.7 – ÁLGEBRA DE MAPAS	17
CAPÍTULO 3 – MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1 – MATERIAIS	19
3.2 – MÉTODOS.....	19
3.2.1 – TRATAMENTO DE DADOS	19
3.2.2 – TRATAMENTO DE BASE CARTOGRÁFICA.....	27
3.2.2.1 – ÁLGEBRA DE MAPAS	28
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 01 – Mapa de Localização da REGAP	4
Figura 02 – Mapa de Localização das Unidades da REGAP	21
Figura 03 – Mapa de Localização das Maiores Hipóteses Acidentais da REGAP	23
Figura 04 – Mapa de Vulnerabilidade para os Cenários de Explosão.....	23
Figura 05 - Mapa de Vulnerabilidade para os cenários de Nuvem Inflamável.....	31
Figura 06 – Mapa de Vulnerabilidade para cenários de Nuvem Tóxica.....	32
Figura 07 – Mapa de Vulnerabilidade da REGAP	33

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 01: Unidades da Refinaria Gabriel Passos abrangidas pelo trabalho.....	22
Tabela 02: Cenários de Emergência com Efeito Final de Explosão.....	24
Tabela 03: Cenários de Emergência com efeito final é Nuvem Tóxica.....	25
Tabela 04: Cenários de Emergência em que o Efeito Final é de Nuvem Inflamável.....	26

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APELL	- Alerta e Preparação de Comunidades para Emergências Locais
EAR	- Estudo de Análise de Riscos
GASMIG	- Companhia de Gás de Minas Gerais
GASBEL	- Gasoduto Belo Horizonte
GLP	- Gás Liquefeito de Petróleo
GPS	- Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
HDT	- HidroTratamento
ICCA	- Conselho Internacional de Associações Químicas
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
OIT	- Organização Internacional do Trabalho
OPAS	- Organização Pan Americana de Saúde
ORBEL	- Oleoduto Rio de Janeiro – Belo Horizonte
PEC	- Padrão de Exatidão Cartográfica
PETROBRAS	- Petróleo Brasileiro S/A.
PNUMA	- Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas
REGAP	- Refinaria Gabriel Passos
RMBH	- Região Metropolitana de Belo Horizonte
SAD69	- South American Datum 1969 (Sistema Geodésico Sul-Americano 1969)

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Ao longo de anos as empresas mantiveram em sigilo as suas medidas de mitigação e prevenção dos potenciais acidentes em que estão expostos. Porém a partir dos grandes desastres industriais das décadas de 70 e 80, ficou evidenciada a importância das indústrias compartilharem as informações sobre os seus riscos, especialmente após o acidente ocorrido na pequena cidade de Seveso, no norte da Itália, em 1976. Constatou-se então que nem a população e nem as autoridades locais estavam informados a respeito dos riscos que existiam por toda a Europa. Um dos efeitos das discussões após esse desastre foi a elaboração de uma primeira diretiva, conhecida como Diretiva de Seveso, em 1982, em que um artigo sobre a comunicação preventiva de riscos foi publicado (Mitchell, 2005).

Em 1984 aconteceu nova catástrofe, desta vez em Bhopal, na Índia, deixando claro que os acidentes industriais eram um problema universal, e ainda mais complexo nos países de industrialização tardia, em que é freqüente a instalação de populações de baixa renda e de baixa escolaridade, em comunidades adensadas no entorno de indústrias, sendo assim, tendem a tornar a vulnerabilidade dessas áreas ainda maior (Mitchell, 2005).

Ainda em 1984, semanas antes do acidente de Bhopal, acontecia no México um grave acidente envolvendo uma planta de gás liquefeito de petróleo – GLP. A explosão de diversos tanques em sequência provocou a morte de mais de 500 pessoas entre empregados e comunidade residente nas proximidades da indústria.

Então, em 1986, o Departamento de Indústria e Meio Ambiente do Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (PNUMA) formulou, em conjunto com o Conselho Internacional de Associações Químicas (ICCA) um conjunto de diretrizes visando à redução das ocorrências e dos efeitos danosos de acidentes industriais, o APELL – Alerta e Preparação de Comunidades para Emergências Locais, que propõe a cooperação entre indústria e governo, visando identificar riscos potenciais para a população, além da adoção de medidas para controle de situações que possam ameaçar a segurança, o meio ambiente e a saúde pública.

A Organização Internacional do Trabalho – OIT, após o acidente da Índia, começou a desenvolver atividades no campo da segurança industrial, prioritariamente para as indústrias químicas, como a sua Convenção 170, sobre a segurança no uso de produtos químicos nos locais de trabalho, aprovada em 1990. Seguindo este caminho temos a Convenção 174 da OIT, que trata da prevenção de acidentes industriais ampliados, aprovada em 1993, e ratificada no Brasil em 2002, que é a nossa atual referência normativa sobre o tema, mesmo que ainda não esteja regulamentada como deveria (Mitchell, 2005).

A essência da Convenção 174 da OIT reside em três pilares:

1. A Prevenção dos acidentes maiores: através da aplicação de práticas preventivas para o Gerenciamento dos Riscos;
2. A redução do risco de ocorrência desses acidentes: através da implementação de medidas mitigadoras que reduzam a possibilidade de ocorrência desses cenários acidentais;
3. A redução das conseqüências de seus efeitos no caso de ocorrerem: através da adoção de práticas para o rápido controle no caso de algum cenário se concretizar.

Com o acontecimento de graves acidentes tecnológicos e a extensão das suas conseqüências, temos visto que a prevenção e resposta a emergências industriais vem tornando-se importante preocupação da sociedade atual. Observa-se que muitos países têm investido no desenvolvimento de estudos e ferramentas que contribuam para o gerenciamento dos riscos industriais, incluindo o geoprocessamento.

No entanto, observamos que no Brasil a utilização dessas tecnologias, especialmente o uso do geoprocessamento nos estudos de análise de riscos é ainda pouco explorada e quando utilizada a sua função deveria ir além do entendimento dos danos provocados pelos diferentes cenários acidentais, como têm acontecido, mas também para a elaboração de políticas públicas mais adequadas á prevenção e resposta aos acidentes industriais.

A utilização da tecnologia na prevenção e nas respostas aos cenários emergenciais torna-se de grande relevância na medida em que é cada vez mais importante diminuir o tempo para as respostas a emergências industriais.

Surgiu então o interesse em compreender como as novas tecnologias podem auxiliar grandes indústrias a se prepararem para atuar em situações emergências.

Uma das principais maneiras de se prevenir a ocorrência e a frequência de acidentes industriais é a melhoria das instalações, como por exemplo, por meio da utilização de sistemas mais modernos e confiáveis de prevenção a emergências e da introdução de novos sistemas de segurança.

Há ainda ações preventivas que podem ser implementadas para diminuir as conseqüências no caso de ocorrência de um acidente industrial, conforme exposto a seguir:

1. Controle de ocupação da área do entorno da indústria, a fim de evitar o adensamento de população em áreas de risco não tolerável, definida em Estudo de Análise de Riscos - EAR;
2. Planejamento da ocupação do solo e distribuição de novos empreendimentos, a fim de melhor controlar as áreas de risco da indústria.

Após quatro anos realizando um trabalho de Relacionamento com as Comunidades no entorno da Refinaria Gabriel Passos - REGAP, voltado para a prevenção e resposta a possíveis emergências, foi possível perceber a quantidade de informações pouco exploradas que são geradas em um Estudo de Análise de Riscos - EAR e que poderiam servir como suporte para a realização de ações voltadas para a prevenção e para a resposta aos acidentes industriais, dentro e fora da empresa.

Esse estudo, intitulado de “O Uso do Geoprocessamento na Identificação de Áreas Vulneráveis a Partir de Cenários de Riscos Industriais Simulados”, faz-se presente com intuito de mapear os cenários de riscos industriais, que nada mais são que as possibilidades de alcance (dimensão) em termos de área da ocorrência de um acidente industrial.

1.2 Objetivos

Geral: Utilizar ferramentas de geoprocessamento para estudar a vulnerabilidade de áreas industriais a partir de cenários de riscos simulados, tendo como estudo de caso a Refinaria Gabriel Passos – REGAP em Betim/MG.

Específicos: Elaborar mapas de vulnerabilidade em decorrência das curvas de risco para cada tipo de cenário acidental, Explosão, Nuvem Tóxica e Nuvem Inflamável e gerar um Mapa de Vulnerabilidade Final considerando simultaneamente estes cenários acidentais.

1.3 Caracterização da Área de Estudo

A Refinaria Gabriel Passos – REGAP, localiza-se em uma área de 1,28 mil hectares, basicamente no município de Betim, mas estendendo-se também ao município de Ibirité, às margens da Rodovia Fernão Dias – BR 381. Quando da instalação, a área era considerada zona rural; hoje, integra a Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH - (PETROBRAS, 2005).

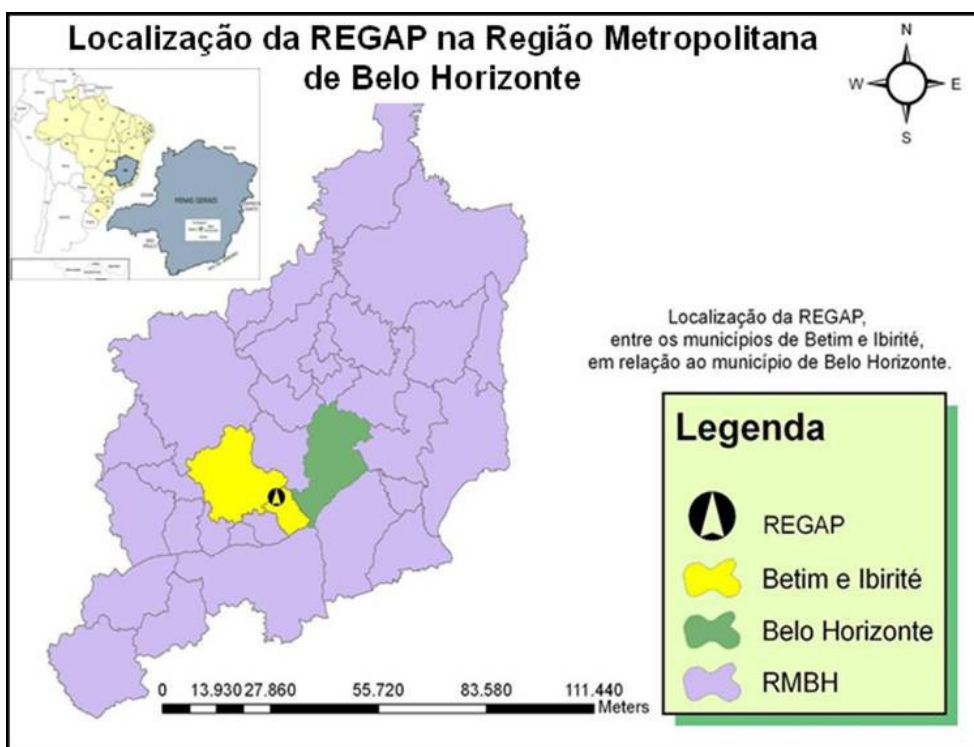


Figura 1 – Mapa de Localização da REGAP, Fonte: Paulo César Guimarães, 2008

Os municípios de Betim e de Ibirité (MG), localizados na RMBH configuram ótimos exemplos brasileiros da questão de riscos de acidentes industriais em áreas urbanas exatamente por abrigarem as instalações da REGAP, única refinaria de petróleo de Minas Gerais traz consigo todos os benefícios e problemas do processo de desenvolvimento industrial tardio ocorrido no País (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995).

Nestes municípios observa-se estreita semelhança com o que ocorre em outros contextos metropolitanos brasileiros, caracterizados, a partir da década de 1970 por taxas expressivas de crescimento populacional e urbanização desordenada, principalmente nas periferias. Tais fatos estão associados aos expressivos fluxos migratórios estimulados pela industrialização, cujo processo de expansão se viu reproduzido nos bairros próximos às indústrias, como no caso das áreas de Betim no entorno da FIAT Automóveis e da REGAP (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995).

A Refinaria tem o nome do engenheiro Gabriel Resende Passos que, ao ocupar o cargo de Ministro das Minas e Energia, conseguiu aprovar a instalação da unidade em Minas Gerais. As obras começaram em 1962 e, em 30 de março de 1968, a Refinaria foi inaugurada (PETROBRAS, 2005).

A área industrial desta Refinaria da PETROBRAS tem sua atividade baseada no refino do petróleo, na estocagem e na distribuição de seus derivados e do álcool pelas empresas distribuidoras.

Em 1982, foram realizadas grandes obras ampliando em mais de 100% a capacidade de processamento da Refinaria. Em 1994, a REGAP foi a segunda refinaria da PETROBRAS a instalar uma unidade de coque, derivado direto do petróleo com o maior potencial de utilização industrial. (PETROBRAS, 2005)

O petróleo chega à REGAP proveniente do Rio de Janeiro, através do oleoduto ORBEL II, e os produtos finais são enviados ao Terminal de Betim (BR Distribuidora) para distribuição às empresas distribuidoras e à Base do Imbiruçu através de dutos. Alguns produtos são carregados no interior da Refinaria por caminhões, totalizando uma média de 110 caminhões por dia. Eventualmente, o oleoduto ORBEL I é utilizado para o escoamento de produtos para o Rio de Janeiro. (PETROBRAS, 2005)

A REGAP tem capacidade para processar 151 mil barris/dia de petróleo, oriundo da Bacia de Campos por oleoduto – e produzir 17 diferentes tipos de derivados, sendo os principais a gasolina, o óleo diesel, o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), o querosene de aviação e de iluminação, os cimentos asfálticos, os óleos combustíveis, o coque de petróleo, o enxofre e a nafta petroquímica. Seu parque de tanques tem capacidade para armazenar mais de 1 milhão de metros cúbicos (PETROBRAS, 2005).

O gás natural, oriundo da Bacia de Campos, chega através do gasoduto GASBEL e é distribuído a partir do “city-gate” - área onde é repassado à distribuidora local responsável, a Companhia de Gás de Minas Gerais (GASMIG), que faz a distribuição do gás natural através de uma rede de dutos, para abastecer continuamente diversos municípios da RMBH. (PETROBRAS, 2005)

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para estudar as possibilidades de aplicações das ferramentas de Geoprocessamento em Análises de Riscos Industriais, precisou-se discorrer sobre cada um desses elementos de forma específica, no intuito de uniformizar o entendimento das informações a serem apresentadas nessa pesquisa.

O uso do geoprocessamento permite-nos a identificação de variáveis que apresentem a estrutura social, econômica e ambiental, onde estão presentes os riscos à saúde (BARCELLOS e BASTOS, 1996). Com as ferramentas disponíveis na atualidade já é possível o mapeamento das áreas de risco de desastres naturais e de acidentes tecnológicos, além de auxiliar o planejamento de medidas de prevenção e de resposta a emergências.

Da mesma forma, as técnicas de geoprocessamento podem ser aplicadas no mapeamento de áreas de risco de acidentes, auxiliando na identificação e classificação de prioridades, além de melhor definir as políticas de uso e ocupação do solo (CARVALHO, 1997).

O gerenciamento de riscos tem focado na redução das ocorrências de acidentes, por meio de normas e instrumentos de avaliação de segurança das indústrias, e por outro, a minimização das conseqüências destas emergências caso elas ocorram (CARVALHO, 1997). Essa última abordagem busca a redução dos danos através de leis de uso e ocupação do solo no entorno de instalações industriais que apresentem riscos e, também, do planejamento de ações emergenciais, para responder prontamente e de maneira eficaz, quando da ocorrência de um grave acidente.

Para responder a estes objetivos, os Estudos de Análises de Riscos (EAR) tem se apresentado como uma importante ferramenta, seja para avaliar a segurança das instalações, tanto para a definição de critérios de uso e ocupação do solo, e, como subsídio ao planejamento emergencial. (CETESB, 2001).

“No contexto de análise de acidentes, risco é definido como uma medida da probabilidade de ocorrência do evento versus a magnitude das perdas ou danos (conseqüências). Neste caso, os resultados são estimados e apresentados na forma de risco social e individual, onde os valores são calculados em termos de fatalidades ou, em alguns casos, da incidência de doenças irreversíveis” (CETESB, 2001).

No Brasil também ocorreram trágicos acidentes industriais, cabe citar o acidente de Vila Socó, em Cubatão – SP no ano de 1984, em que o vazamento de um duto de gasolina da Petrobrás, seguido por incêndio, resultou na morte 500 moradores de uma favela. Este é um dos principais eventos que elevaram o Brasil ao segundo lugar, entre os principais países do mundo, em termos de óbitos por acidentes (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995).

“A avaliação de riscos foi introduzida no Brasil como ferramenta de gestão, na década de 1980, após a ocorrência de acidentes de vazamento de óleo no Porto de São Sebastião. Atualmente, Estudos de Análise de Risco (EAR) são solicitados no processo de licenciamento ambiental de todos os empreendimentos que utilizam, manipulam, transportam ou armazenam substâncias químicas perigosas” (CETESB, 2001).

Entretanto, apesar de quase três décadas de uso do EAR, muito pouco foi desenvolvido em termos de definição de normas específicas quanto à finalidade e utilização dos resultados destes estudos. A definição e a utilização de métodos para o mapeamento e análise espacial de riscos, assim como, a análise integrada dos riscos de grandes áreas industriais não tem sido utilizada, assim poucas experiências envolvendo a análise espacial e o gerenciamento de riscos podem ser citadas (FREITAS, PORTO e GOMEZ, 1995).

“O uso da EAR no licenciamento tem como objetivo a avaliação da segurança das instalações. No entanto, no caso de áreas industriais que concentram várias instalações perigosas há uma sobreposição dos riscos de cada unidade, e o fato das empresas atenderem aos critérios individuais não garante que o risco total do conjunto seja tolerável, portanto, uma análise integrada do conjunto de empreendimentos é necessária a fim de orientar o uso e ocupação do solo no entorno destas áreas” (CETESB, 2001).

Esta integração dos riscos demanda o desenvolvimento de metodologias específicas, as quais podem ser facilitadas pela utilização de ferramentas de geoprocessamento na elaboração de mapas de risco, os quais têm se caracterizado como importante instrumento de prevenção e resposta a emergências.

2.1 – Riscos de Acidentes Industriais

Os efeitos de um acidente industrial podem ser imediatos ou ocorrerem em longo prazo, seja internamente e externamente ao estabelecimento industrial e os danos mais significativos são os que estão associados à saúde (FREITAS, et. al, 1995).

“Os acidentes industriais, geralmente, são eventos agudos, tais como explosões, incêndios e emissões, individuais ou combinados, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas com potencial de causar simultaneamente múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde dos seres humanos expostos” (FREITAS, et. al, 1995).

Determinados acidentes podem atingir pequenas áreas, outros acidentes podem atingir grandes regiões e, da mesma forma, provocar sérios danos, como o vazamento de

substâncias químicas perigosas para a atmosfera. Cabe citar o acidente de Chernobyl, ocorrido na Ucrânia, em um reator nuclear, em 1984, cujos danos atingiram uma região de centenas de quilômetros de raio no entorno da usina. A intensidade de um acidente, evidentemente, depende de fatores como o tipo de produto, quantidade, condições operacionais e da vulnerabilidade da área atingida (MITCHELL, 2005).

Para o estudo de acidentes tecnológicos, o risco é analisado com base em dois elementos particulares: o perigo e a vulnerabilidade da área. O cálculo desse risco pode ser realizado através da combinação matemática da probabilidade de ocorrência do acidente e da probabilidade que este cenário de emergência resulte em mortes ou danos graves para as pessoas expostas ao raio de alcance (SANTI, et. al, 2005).

Nos métodos e técnicas para a avaliação de riscos, uma abordagem quantitativa deve considerar, sobretudo, a população exposta aos perigos de acidentes e a possibilidade de ocorrência de danos imediatos atingirem essa população. Os resultados dessas avaliações são estimados em termos de risco individual e risco social (SANTI, et. al, 2005).

“O risco individual é uma medida da probabilidade anual de morte em função de um acidente que possa ocorrer em um empreendimento. O risco social é uma estimativa do número de pessoas atingidas pelos eventos e é representado pelas curvas F-N, frequência acumulada dos eventos versus número de fatalidades (SANTI, et. al, 2005).

2.2 – Estudo de Análise de Riscos (EARs)

O EAR começa a ser desenhado com a caracterização do empreendimento e da região em que está localizada a indústria, esta etapa inclui também uma descrição detalhada dos produtos e processos envolvidos na operação da atividade industrial. Em seguida, o Estudo de Análise de Riscos busca a identificação de perigos e riscos e a consolidação dos cenários acidentais, definindo assim as possíveis hipóteses de acidentes daquela indústria, de grande ou pequena magnitude (CETESB, 2001).

Atualmente, existem diversas técnicas específicas de identificação de perigos. Estas técnicas permitem que seja feita uma análise detalhada dos equipamentos, sistemas e procedimentos operacionais da instalação industrial (CETESB, 2001).

“De acordo com os cenários acidentais identificados e das características das substâncias envolvidas, realiza-se a etapa de estimativa dos efeitos físicos através de modelos de simulação de acidentes. Este é um item importante na análise de risco, pois, as modelagens matemáticas dos eventos ajudam a entender a intensidade e a extensão de suas conseqüências, além de indicar as probabilidades de fatalidade e de contribuir para a avaliação de vulnerabilidade dos elementos atingidos”
(SANTI, et.al, 2005).

A seguir estão listados diferentes eventos indesejáveis que usualmente são modelados nos EARs:

- Vazamento: descarga a partir de um tanque ou tubulação; modelos são incorporados para o vazamento de gás, líquido e gás liquefeito pressurizado.
- Evaporação de poça: evaporação de líquido a partir da terra ou de superfícies aquáticas; modelos são incorporados para poças confinadas e espalhadas, e para voláteis e não-voláteis.
- Dispersão: dispersão atmosférica de vazamentos com flutuações positivas, negativas e neutras; modelos são incorporados para gases pesados a partir de jatos ou poças, dispersão de plumas; os resultados em concentração discreta, contorno de concentração, massa explosiva ou carga tóxica dependendo da duração da exposição.
- Explosão: sobrepressão para explosão de nuvens de vapores segundo o método de multi-energia.
- Combustão: incêndio e a formação de produtos de combustão tóxica.

2.3 – Os riscos de acidentes e o Município de Betim

O município de Betim destaca-se por seus grandes empreendimentos industriais como a FIAT e REGAP principalmente. Junto com os benefícios que a instalação dessas grandes indústrias pode trazer ao município, alguns pontos negativos podem ser destacados, entre eles o risco de um acidente tecnológico atingir a população.

“O trabalho em uma refinaria de petróleo é perigoso, complexo, contínuo e coletivo. Trabalha-se com produtos inflamáveis, explosivos e/ou tóxicos em grandes quantidades e com equipamentos de alto risco” (FREITAS, 2003).

Os equipamentos e as tubulações são de grande porte, interligados em estrutura de rede. O controle sobre o processo é exercido indiretamente, através instrumentos e painéis; existe uma grande quantidade de variáveis para o controle e qualquer alteração pode provocar grandes danos.

“A produção acontece de forma ininterrupta, demandando o revezamento de grupos de trabalhadores em sistemas de turnos. A interdependência entre serviços, característica da indústria do petróleo, torna coletiva a atividade dos operadores” (FREITAS, 2003).

O trabalho dessas indústrias também se caracteriza pela manifestação de riscos específicos do processamento de compostos químicos inflamáveis e tóxicos, geradores potenciais de acidentes ampliados, como explosões, incêndios e vazamentos/emissões com efeitos podendo ser entendido para as populações vizinhas às fábricas e para o meio ambiente (FREITAS, 2003).

“A multiplicidade de situações de risco decorre, portanto, da complexidade de atividades, equipamentos e dutos que envolvem substâncias de elevada toxicidade e de elevada periculosidade, por serem inflamáveis e explosivas” (SANTI, et.al, 2005).

O CONAMA instituiu que os estudos de análise de riscos fossem necessários para o licenciamento de empreendimentos industriais. O estudo que foi apresentado pela REGAP em 2009 identificou 7236 cenários de acidentes na Refinaria (SANTI, ROSA e CREMASCO, 2005), dos quais foram trabalhados apenas os 30 maiores cenários para efeito deste trabalho.

2.4 – Refinaria Gabriel Passos e suas instalações

A PETROBRAS, ao integrar segurança, meio ambiente e saúde à sua estratégia empresarial, reafirma o compromisso de todos os seus empregados e contratados com a busca de excelência nessas áreas. Estabeleceu 15 Diretrizes Corporativas para a Companhia, na busca por uma melhoria contínua, a fim alcançar a excelência de suas atividades (PETROBRAS, 2005).

Entre essas diretrizes, três muito contribuem para a pesquisa: a diretriz 03, a diretriz 11, e a diretriz 12, conforme abaixo especificadas :

Diretriz 3 – Avaliação e Gestão de riscos - riscos inerentes às atividades da empresa devem ser identificados, avaliados e gerenciados de modo a evitar a ocorrência de acidentes e/ou assegurar a minimização de seus efeitos. Tem como requisitos: Implementação de mecanismos que permitam, de forma sistemática, identificar e avaliar a frequência e as consequências de eventos indesejáveis, visando a sua prevenção e/ou máxima redução de seus efeitos.

Diretriz 11 – Contingência - As situações de emergência devem estar previstas e ser enfrentadas com rapidez e eficácia visando a máxima redução de seus efeitos. Tem como requisitos: Garantia de que os planos de contingência de cada unidade estejam avaliados,

revisados e atualizados, bem como integrados aos planos de contingência regionais e corporativos da empresa e o desenvolvimento de programas de esclarecimento e treinamento junto às comunidades potencialmente expostas a riscos, visando sua incorporação aos planos de contingência.

Diretriz 12 – Relacionamento com a comunidade - A empresa deve zelar pela segurança das comunidades onde atua, bem como mantê-las informadas sobre impactos e/ou riscos eventualmente decorrentes de suas atividades. Tem como requisitos: Avaliação dos eventuais impactos que as atividades da empresa possam causar às comunidades, tanto do ponto de vista de SMS como social e econômico, de modo a evitá-los ou reduzir ao máximo seus efeitos indesejáveis e a implementação de programas de esclarecimento e treinamento junto às comunidades potencialmente expostas a riscos, de modo a estimular seu comprometimento com as medidas de prevenção e contingência.

De acordo com estudo de análise de risco realizado na REGAP, atualmente, a REGAP possui capacidade de processamento de 24.000 m³ de petróleo por dia, e seu Parque de Tancagem tem capacidade para mais de 1 milhão de metros cúbicos. Entre os produtos finais dos seus processos de produção estão: GLP, Gasolina, Aguarrás, Querosene, Óleo Diesel, Óleo Combustível, Cimento Asfáltico, Coque de Petróleo e Enxofre (PETROBRAS, 2005).

As principais unidades em operação na REGAP são: unidades de destilação atmosférica, unidades de destilação a vácuo, unidades de craqueamento catalítico, unidade de hidrodessulfurização, unidade de coqueamento retardado, além de unidades de apoio (geração de vapor, subestação elétrica, tratamento de água, tratamento de águas ácidas, tratamento de despejos industriais). A listagem dos produtos manuseados nas principais unidades de processo da REGAP está apresentada nas Tabelas 1 a 4, juntamente com a lista de equipamentos críticos (PETROBRAS, 2005).

2.5 – Geoprocessamento

Segundo Moura (2003) o termo Geoprocessamento, surgido do sentido de processamento de dados georreferenciados, significa “implantar um processo que traga um progresso, um andar avante, na grafia ou representação da Terra”. Não é somente a representação, mas também é a associação a esses atos, novos olhares sobre o espaço, um ganho de conhecimento, um ganho de informação. O geoprocessamento engloba processamento digital de imagens, cartografia digital e os sistemas de informações geográficos.

Entre as etapas componentes do Geoprocessamento destaca-se a aplicação de modelos de análise espacial destinados à caracterização de ocorrências espaciais, com o apoio dos Sistemas de Informações Geográficas.

“O uso de um SIG está relacionado à seleção de variáveis de análise e o estudo de suas variáveis. São uma forma de tentar representar de um jeito simplificado a realidade, através da seleção dos aspectos mais relevantes, na busca de respostas sobre correlações e comportamentos de variáveis ambientais” (MOURA, 2007).

Cada vez mais vemos as instituições governamentais, as empresas e a população incorporam o uso do geoprocessamento no seu dia a dia. No entanto, ainda existe um enorme potencial de crescimento que não foi explorado, pois se trata de uma tecnologia de custo relativamente baixo e existe uma grande carência de informações adequadas sobre a melhor forma de se utilizar desta ferramenta.

2.6 – Análise Espacial de Dados

A preparação de uma base de dados cartográficos, composta na forma de planos de informação e que deverão ser combinados nas aplicações de modelos de análise espacial, podendo ser realizada nos formatos vetorial ou matricial, mas cada vez mais temos o predomínio das operações em formatos matriciais (MOURA 2007).

Segundo CÂMARA (2001) as funções de manipulação e análise de dados geográficos podem ser agrupadas de acordo com o tipo de dado tratado: análise geográfica, processamento de imagens, modelagem de terreno, redes, geodésia e fotogrametria, produção cartográfica.

“Ao realizar uma análise espacial baseada na conjugação de uma coleção de variáveis, é importante ter claro que os resultados obtidos cabem em um contexto no tempo e no espaço, em uma situação específica. Cada nova análise irá exigir nova escolha de conjunto de variáveis e o peso que cada uma delas terá no resultado final está relacionado ao contexto da análise” (MOURA, 2007).

Dentre as operações de análise espacial podemos destacar algumas funções básicas, como consulta em bancos de dados até funções que demandam maior conhecimento para manipulação e sobreposição de mapas, produção de dados estatísticos, investigação de padrões e de relacionamentos dos elementos geográficos. A escolha do método de análise depende da estrutura e do formato dos dados utilizados.

2.7 – Álgebra de Mapas

Como os Sistemas de Informações Geográficas oferece diferentes funções de Álgebra de Mapas, torna-se um desafio escolher qual a melhor forma de combinação dos dados para uma adequação a fim de alcançar os diversos propósitos (Câmara, 2001).

“O termo Álgebra de Mapas é utilizado no Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para denotar o conjunto de operadores que manejam campos geográficos (mapas temáticos, imagens). A grande coerência entre os resultados obtidos por essa técnica revela o potencial da Álgebra de Mapas como ferramenta de apoio a estudos das

Análises de Riscos Industriais” (CÂMARA, 2001).

Gilberto Câmara (1995) diz que a manipulação dos atributos na álgebra de mapas, manualmente ou através de sistemas computacionais, tem com o objetivo a extração de informações. Conceitualmente dividiram-se as operações dessa análise geográfica em três grupos:

- As operações de manipulação que são usadas para classificar tematicamente um atributo em função do seu valor em cada posição, ou combinar atributos diferentes com o objetivo de encontrar alguma correlação espacial entre eles.
- As operações de consulta espacial são as usadas para recuperação de um banco de dados, um conjunto de dados que satisfaça a uma condição definida pelo usuário. O resultado de uma operação de consulta pode ser posteriormente manipulado por um operador de manipulação ou simplesmente visualizado através de uma operação de apresentação.
- As operações de apresentação são usadas para controlar as possíveis formas de visualização dos resultados das operações de manipulação ou de consulta.

As operações com mapas a nível local produzem um novo mapa a partir de um ou mais mapas de entrada. Podem ser operações de reclassificação ou sobreposição. No caso da reclassificação, é criado um novo mapa por alteração dos atributos dos pixels do mapa original, ou seja, atribui-se um novo valor a cada ponto da imagem original, criando-se novo mapa (CÂMARA, 2001).

Segundo Câmara (1995) existem quatro abordagens possíveis para a reclassificação dependendo do objetivo da reclassificação:

- Associar um novo valor a cada valor do mapa de entrada com o propósito de criar uma máscara binária (0 e 1) para uso posterior.
- Associar novos valores a classes ou faixas de valores com o propósito de reduzir o número de classes original ou agrupar valores em categorias.

- Associar ordens (níveis de importância) a valores ou categorias únicos no mapa original. Aplica-se quando se pretende avaliar a capacidade, aptidão ou potencial de certos fenômenos ou atividades. Note-se que a escala pode ser alterada para uma escala ordinal.
- Associar ordens ou pesos a um mapa qualitativo (escala nominal) para gerar um mapa quantitativo.

No caso da Sobreposição de mapas são usadas operações em análise espacial, habitualmente envolve operações aritméticas em duas ou mais matrizes de igual dimensão. Estas operações aritméticas podem ser a adição, que corresponde à operação lógica "união", a multiplicação, que corresponde à "interseção", a subtração e a divisão (CÂMARA, 1995).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para este trabalho foram utilizados o Estudo de Análise de Riscos da Refinaria Gabriel Passos de 2009, especialmente os dados referentes aos potenciais cenários acidentais que podem ocorrer na empresa e uma Imagem do satélite Ikonos da área do entorno da Refinaria Gabriel Passos, ano de 2005, compatível com a escala 1:5.000 e sistema de projeção UTM SAD69. Esses dados foram cedidos pela REGAP.

3.2 Métodos

3.2.1 Tratamento dos dados

O Estudo de Análise de Riscos reconhece várias tipologias de acidentes industriais em função do tipo e volume do produto que ali é armazenado e/ou processado nas unidades.

A partir da observação da Análise de Riscos optou-se por trabalhar com as 30 hipóteses acidentais de maior alcance, e a tipologia dos efeitos finais possíveis assim distribuídos: 14 cenários de explosão, 09 cenários de nuvem tóxica e 07 cenários de nuvem inflamável.

É considerado explosão quando há a ignição retardada da nuvem de vapor ocorrendo efeitos significativos de sobrepressão, podendo, portanto gerar danos às pessoas, aos equipamentos e às edificações que estejam nas proximidades do evento.

Já a Nuvem Inflamável é proveniente da ignição retardada de uma nuvem de gás sem efeitos de sobrepressão, porém a menos que haja um indivíduo dentro da área ocupada pela mistura inflamável, este evento não traz maiores consequências à quem estiver próximo ao evento.

A Nuvem Tóxica é a fração vaporizada do produto tóxico dará origem a uma nuvem densa de produto na atmosfera a qual irá se deslocar de acordo com as características

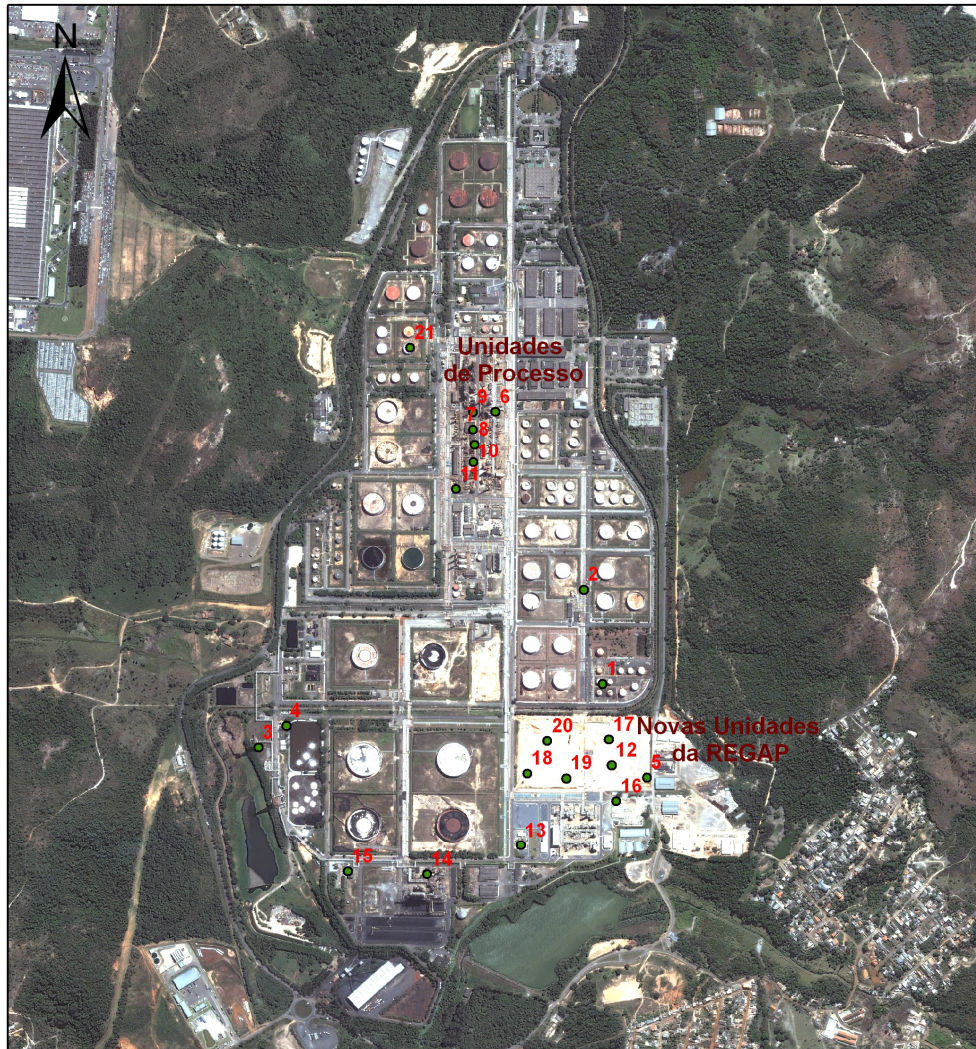
climatológicas da região (vento, temperatura e umidade) e do cenário envolvido (presença de obstáculos). O dano provocado pela inalação do produto existente na nuvem será função da concentração do produto e do tempo de exposição (inalação).

Cada hipótese acidental tem um ponto de ignição (iniciador) e um raio de alcance desse ponto, que se deve às características das substâncias envolvidas e o volume disponível na unidade, estimando a distância potencialmente a ser atingida pelos níveis de calor e/ou sobrepressão calculados através de modelos de simulação de acidentes, apresentando assim uma visão da distribuição espacial dos níveis de risco nas regiões circunvizinhas à instalação analisada. (CETESB, 2003)

Os cenários de emergências que foram estudados neste trabalho abrangem 21 unidades da REGAP, e pode acontecer de em uma mesma unidade ser observada mais de uma hipótese acidental.

Portanto fez-se necessário o mapeamento com a distribuição espacial das Unidades da Refinaria Gabriel Passos a terem os seus cenários de riscos analisados, conforme é apresentada no mapa a seguir:

Localização das Unidades da REGAP



Localização das Unidades da REGAP que tiveram hipóteses acidentais escolhidas para este estudo

Mapa elaborado por Paulo César Guimarães

1:15.000

0 120 240 480 720 960 Meters

Figura 02: Localização das Unidades da REGAP escolhidas para o trabalho

Unidades da Refinaria Gabriel Passos abrangidas pelo trabalho

Unidade	Ponto de Identificação na Imagem 02	Produto Manuseado na Unidade
Unidade de Armazenamento de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	01	Gás Liquefeito de Petróleo
Unidade Sistema de Transferência de Produtos	02	Diferentes Produtos em Dutos
Unidade Sistema de Alívio de Pressões (Flare)	03	Gases Tóxicos
Unidade Bio-Disco	04	Amônia
Unidade de Reforma Catalítica	05	Nafta
Unidade de Destilação Atmosférica	06	Diesel
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Nafta e Querosene	07	Querosene
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Querosene e Diesel	08	Nafta
Unidade de Tratamento de GLP e Gases	09	Gases
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Querosene e Diesel	10	Diesel / Diesel Craqueado / Querosene
Unidade de Geração de Hidrogênio	11	Hidrogênio
Unidade de Hidrodessulfurização de Nafta Craqueada	12	Nafta
Unidade de Recuperação de Enxofre	13	Enxofre
Unidade de Coque	14	Coque
Unidade de Pré-Cloração e Tratamento de Água	15	Cloro
Hidrotratamento de Nafta de Coque	16	Nafta
Unidade de Geração de Hidrogênio U309	17	Hidrogênio
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Querosene e Diesel	18	Nafta / Querosene / Querosene de Aviação
Nova Unidade de Hidrotratamento (em projeto)	19	Não Especificado
Unidade de Geração de Hidrogênio U409	20	Hidrogênio
Unidades de Tratamento de Águas Ácidas	21	Água Ácida

Tabela 01: Unidades da Refinaria Gabriel Passos abrangidas pelo trabalho

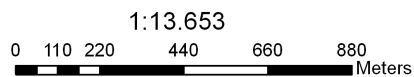
Com as unidades da REGAP mapeadas passou-se então para o mapeamento das hipóteses acidentais possíveis, escolhidas para este trabalho e listadas nas tabelas a seguir, de acordo com o potencial evento final de cada emergência:

Hipóteses Acidentais da REGAP



Localização dos pontos iniciadores das 30 hipóteses acidentais escolhidas para este estudo

Mapa elaborado por Paulo César Guimarães



Legenda

- Explosão
- Nuvem Inflamável
- Nuvem Tóxica

Figura 03: Mapa de Localização das Hipóteses acidentais da REGAP

A Tabela a seguir apresenta os Cenários de Emergências em que os efeitos finais são explosão:

Unidade	Ponto de Identificação na Imagem 03	Hipótese Acidental	Produto Manuseado na Unidade	Evento Final	Raio de Alcance (metros)
Unidade de Armazenamento de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	01	Ruptura Total de Esfera	Gás Liquefeito de Petróleo	Explosão	2196
Unidade de Armazenamento de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	02	Ruptura Parcial de esfera	Gás Liquefeito de Petróleo	Explosão	1422
Unidade de Destilação Atmosférica	03	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Diesel	Explosão	2034
Unidade de Destilação Atmosférica	04	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Querosene	Explosão	866
Unidade de Tratamento de GLP e Gases	05	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Gases	Explosão	742
Unidade de Hidrodessulfurização de Nafta Craqueada	06	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Nafta	Explosão	465
Unidade de Recuperação de Enxofre	07	Rompimento de linha de entrada de produto	Enxofre	Explosão	470
Unidade de Coque	08	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Coque	Explosão	632
Unidade de Coque	09	Ruptura Parcial de Tanque de Armazenamento	Coque	Explosão	338
Hidrotratamento de Nafta de Coque	10	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Nafta	Explosão	244
Unidade de Geração de Hidrogênio U309	11	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Hidrogênio	Explosão	557
Unidade de HidroTratamento de Querosene e Diesel	12	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Diesel	Explosão	757
Nova Unidade de Hidrotratamento (em projeto)	13	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Não Especificado	Explosão	608
Unidade de Geração de Hidrogênio U409	14	Ruptura Total de Tanque de Armazenamento	Hidrogênio	Explosão	557

Tabela 02: Cenários de Emergência com Efeito Final de Explosão

A Tabela 4 apresenta os Cenários de Emergência, identificados no mapa, em que o Efeito Final é de Nuvem Tóxica:

Unidade	Ponto de Identificação na Imagem 03	Hipótese Acidental	Produto Manuseado na Unidade	Evento Final	Raio de Alcance (metros)
Unidade de Armazenamento de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	22	Rompimento de linha de entrada de produto	Gás Liquefeito de Petróleo	Nuvem Tóxica	1475
Unidade Sistema de Alívio de Pressões (Flare)	23	Rompimento de linha de entrada de produto	Gases Tóxicos	Nuvem Tóxica	645
Unidade Bio-Disco	24	Rompimento de linha de entrada de produto	Amônia	Nuvem Tóxica	381
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Nafta e Querosene	25	Rompimento de linha de entrada de produto	Querosene de Aviação	Nuvem Tóxica	832
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Querosene e Diesel	26	Rompimento de linha de entrada de produto	Diesel Craqueado	Nuvem Tóxica	595
Unidade de Pré-Cloração e Tratamento de Água	27	Grande liberação de gás cloro dos cilindros ao dosador	Cloro	Nuvem Tóxica	1527
Unidade de Pré-Cloração e Tratamento de Água	28	Média liberação de gás cloro dos cilindros ao dosador.	Cloro	Nuvem Tóxica	1068
Unidade de Pré-Cloração e Tratamento de Água	29	Ruptura do cilindro de Gás Cloro	Cloro	Nuvem Tóxica	821
Unidades de Tratamento de Águas Ácidas	30	Ruptura Total no tanque de água ácida	Água Ácida	Nuvem Tóxica	280

Tabela 03: Cenários de Emergência da REGAP em que o efeito final é Nuvem Tóxica

Na tabela seguinte observamos os Cenários de Emergência em que o Efeito Final é de Nuvem Inflamável:

Unidade	Ponto de Identificação na Imagem 03	Hipótese Acidental	Produto Manuseado na Unidade	Evento Final	Raio de Alcance (metros)
Unidade Sistema de Transferência de Produtos	15	Rompimento de linha de transferência de produtos	Diferentes Produtos em Dutos	Nuvem Inflamável	670
Unidade de Reforma Catalítica	16	Rompimento de linha de entrada de produto	Nafta	Nuvem Inflamável	757
Unidade de Destilação Atmosférica	17	Rompimento de linha de entrada de produto	Nafta	Nuvem Inflamável	482
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Nafta e Querosene	18	Rompimento de linha de entrada de produto	Nafta / Querosene	Nuvem Inflamável	78
Unidade de HidroTratamento (HDT) de Querosene e Diesel	19	Rompimento de linha de entrada de produto	Diesel / Querosene	Nuvem Inflamável	83
Unidade de Geração de Hidrogênio	20	Rompimento de linha de entrada de produto	Hidrogênio	Nuvem Inflamável	251
Unidade de Coque	21	Rompimento de linha de entrada de produto	Coque	Nuvem Inflamável	337

Tabela 04: Cenários de Emergência em que o Efeito Final é de Nuvem Inflamável

3.2.2 Tratamento de Base Cartográfica

A partir dos dados coletados e sistematizados foi possível então iniciar a plotagem dos cenários acidentais sobre a imagem de satélite da REGAP. Esse mapeamento foi gerado a partir do software Arcgis.

Foram identificados na imagem de satélite a posição das unidades em que estão localizados os 30 cenários escolhidos para este trabalho e criado uma tabela com os dados dessas unidades como os cenários de risco, o tipo de efeito final e o raio de alcance (em metros) que pode ser envolvido em caso de uma emergência.

A partir daí foram compilados os pontos passíveis de ocorrência que determinem os potenciais cenários acidentais e plotados no mapa com os dados do raio de alcance desses acidentes.

A área de influencia dos cenários acidentais foi delimitada pela ferramenta buffer, que não é mais que a expansão de uma propriedade espacial às células adjacentes, seja essa propriedade um ponto, uma linha ou uma área, utilizando a metragem definida na Análise de Risco expressa em metros pelo raio de alcance potencial de cada hipótese acidental.

Finalizada esta fase, os arquivos gerados a partir do buffer, em shapefile, foram agrupados, utilizando como critério seu respectivo efeito final: explosão, nuvem tóxica e nuvem inflamável.

O sistema de projeção utilizado para gerar os pontos e o buffer foi o mesmo utilizado na imagem de satélite cedida pela REGAP (UTM SAD69)

Na sequência foi necessária a conversão dos arquivos que estavam em Shapefile, gerados com os polígonos de alcance dos cenários, em arquivos Raster e realizada a reclassificação desses arquivos.

3.2.2.1 Álgebra de Mapas

Para obter os resultados de níveis de vulnerabilidade na REGAP foi necessária a realização de soma dos valores contidos em cada um dos raios de alcance, sendo assim todos eles passaram por um processo de conversão para o formato Raster.

Foram gerados os arquivos em raster, utilizados para a reclassificação e divididos em função das hipóteses de efeito final. A partir dos arquivos em Raster realizou-se a reclassificação de cada um dos cenários em que:

- 1 era o que estava contido dentro dos limites de alcance de cada cenário.
- 0 era tudo que estava fora dos limites traçados a partir do alcance de cada cenário.

Essa reclassificação consiste na criação de novos valores (atributos) aos píxeis do arquivo em raster. A abordagem deste trabalho referente à reclassificação está diretamente relacionada com a associação dos valores ou categorias dos efeitos finais de cada hipótese acidental.

A partir destes dados foram gerados mapas de vulnerabilidade para cada uma das hipóteses de efeito final com os dados de Explosão, Nuvem Inflamável e Nuvem Tóxica sendo tratados separadamente.

Os resultados destas somas apresentaram variação de 0 a 7 em que:

- 0-1 = Área de Monitoramento
- 1-3 = Áreas de Baixo Risco
- 3-5 = Áreas de Médio Risco
- 5-7 = Áreas de Alto Risco

Com os arquivos em raster e reclassificados, partiu-se então para o mapeamento das áreas de vulnerabilidade total da Refinaria Gabriel Passos em função da adição dos grupos de efeito final.

Foi realizado então a soma simples de todos esses cenários utilizando novamente a ferramenta raster calculator no software Arcgis, em que foi gerado uma área de influencia com a indicação das áreas vulneráveis da REGAP, apresentando a respectiva variação de riscos.

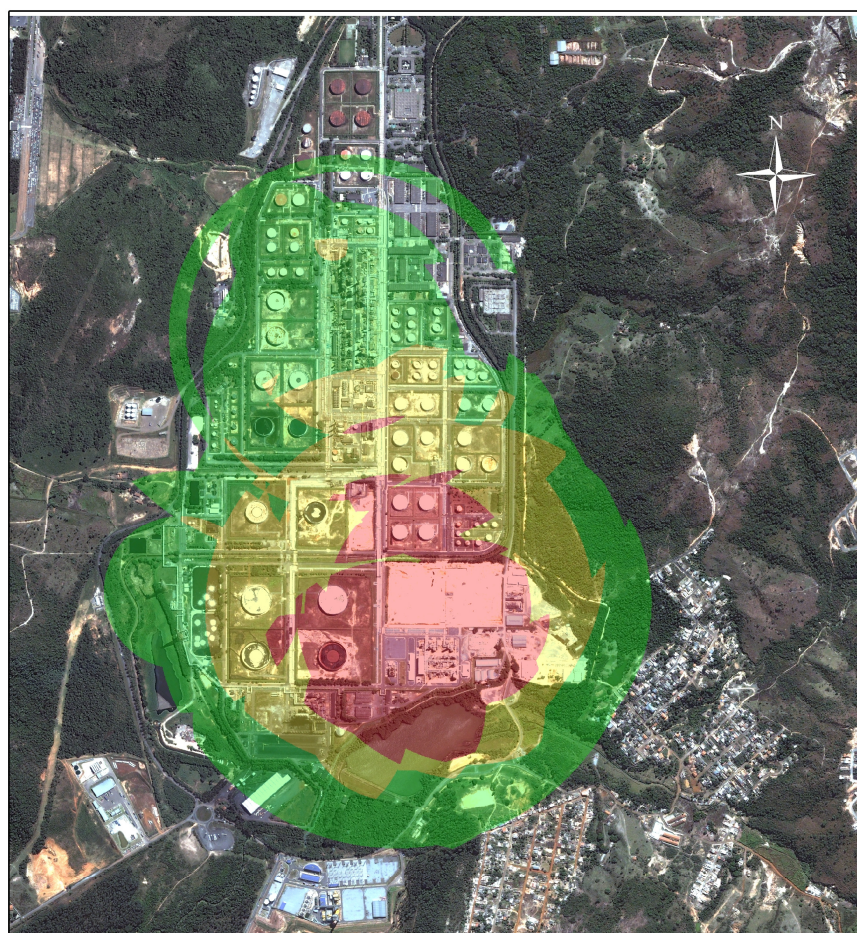
Com o mapeamento realizado utilizou-se a ferramenta “export map” para a plotagem dos mapas e iniciar as análises dos resultados.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cenários simulados alimentaram o mapeamento de vulnerabilidade, com a finalidade de dar suporte à preparação e resposta a emergências relacionadas à atividade industrial da empresa.

O resultado para as hipóteses acidentes cujo efeito final é explosão apresentou-se da seguinte forma:



Resultado de Álgebra Simples de Mapas,
a partir dos cenários de riscos acidentais de Explosão
Mapa elaborado por Paulo César Guimarães

1:15.000
500 250 0 500 Meters

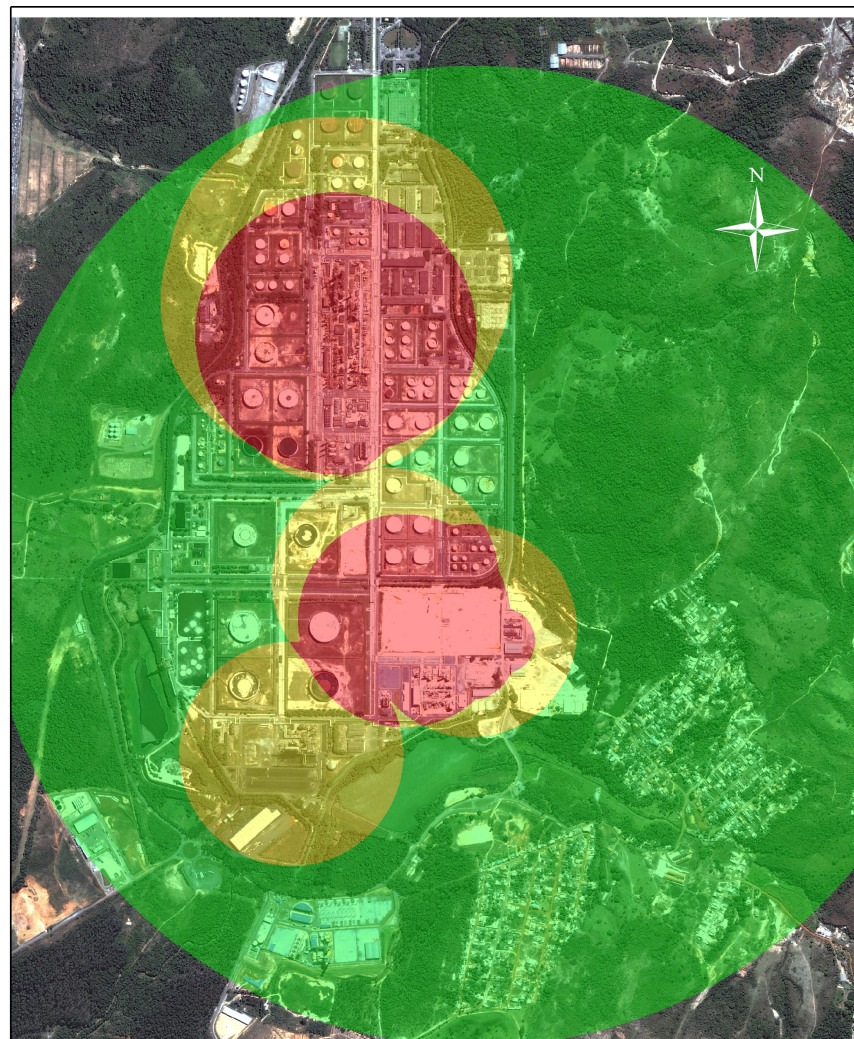
Legenda

- Alto Risco
- Médio Risco
- Baixo Risco
- Área de monitoramento

Figura 04 – Mapa de Vulnerabilidade para os cenários de Explosão

Os cenários acidentais de explosão somados apresentam a necessidade de maior atenção nas áreas que vão desde as novas unidades até o pátio de GLP. Observa-se também que somente efeitos de baixo risco ultrapassam os limites da empresa, chegando a comunidade vizinha.

No mapeamento das hipóteses acidentais cujo efeito final é de nuvem inflamável o resultado apresentou-se da seguinte forma:



Resultado de Álgebra Simples de Mapas, a partir dos cenários de riscos acidentais de Nuvem Inflamável

Mapa elaborado por Paulo César Guimarães

1:15.000

0 110 220 440 660 880 Meters

Legenda

- Alto Risco
- Médio Risco
- Baixo Risco
- Área de Monitoramento

Figura 05 – Mapa de Vulnerabilidade para os cenários de Nuvem Inflamável

Observa-se então que como área de maior vulnerabilidade além das novas unidades também a área de produção, e assim como o cenário de explosão somente efeitos de baixo risco ultrapassam os muros da empresa, nesse caso com uma abrangência de monitoramento ainda maior.

No caso do resultado para as hipóteses acidentais cujo efeito final é de nuvem tóxica, temos o seguinte:

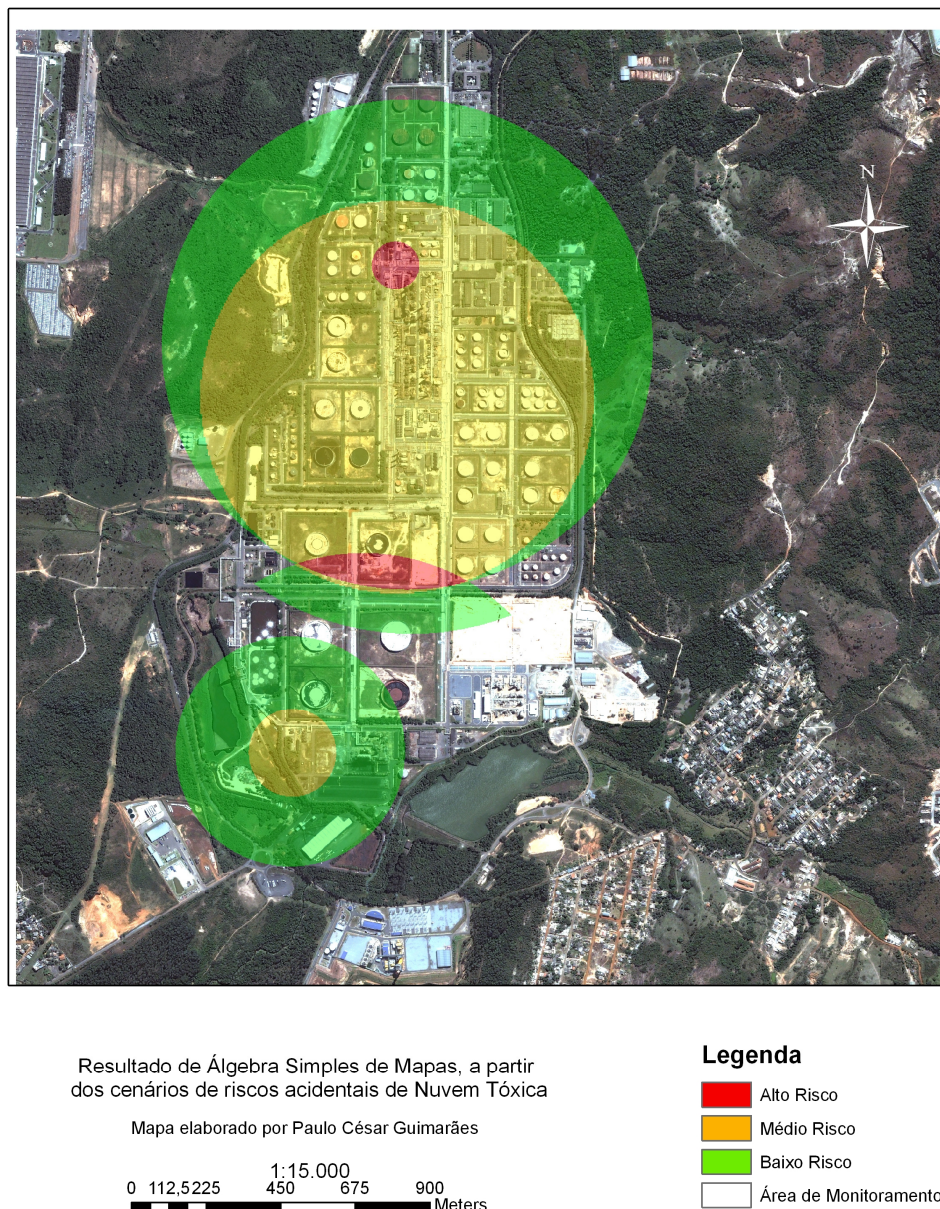


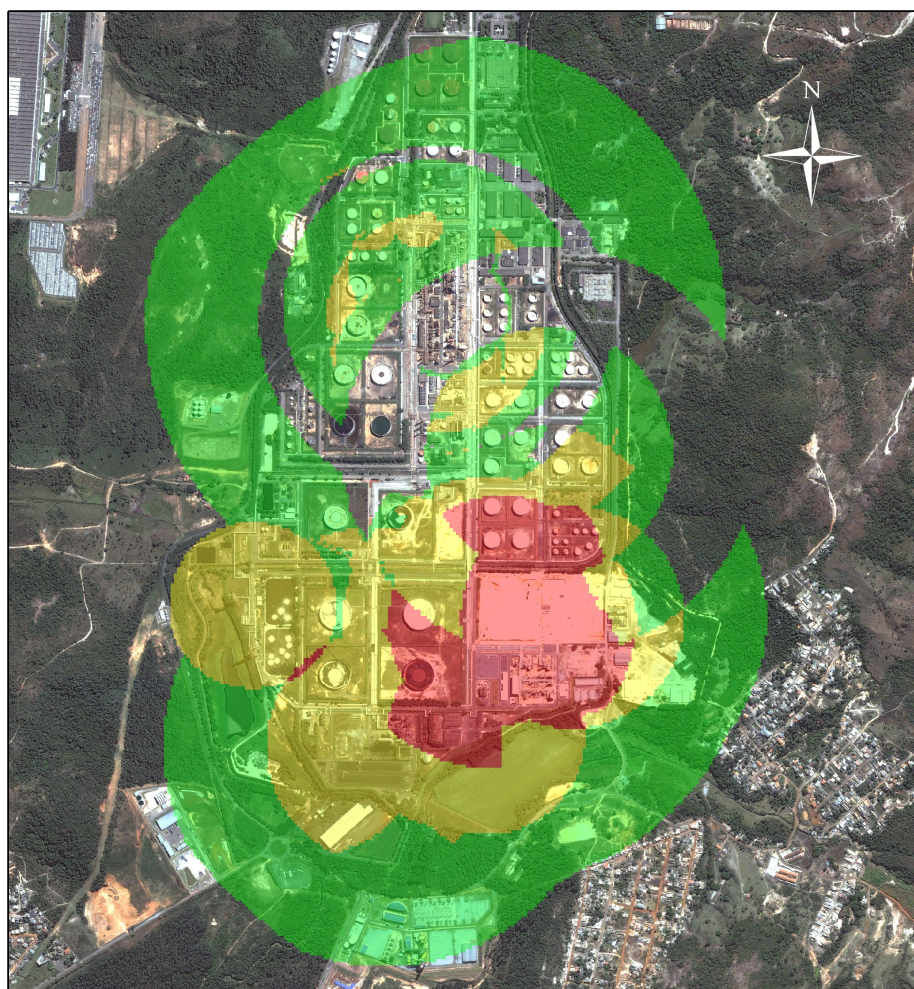
Figura 06 – Mapa de Vulnerabilidade para cenários de Nuvem Tóxica

A vulnerabilidade para os cenários de nuvem tóxica apresentam como área de alto risco, bem pontual, uma pequena parte da produção e o armazenamento de cloro, com nenhum

tipo de efeito chegando às comunidades vizinhas, que não deixa de ser importante área de monitoramento.

Conforme os resultados já explícitos a partir dos cenários de riscos estudados, foi gerado um mapa em que ficasse evidenciado as áreas potencialmente mais expostas aos riscos acidentais da REGAP. O resultado da geração dessa análise é apresentado a seguir:

Mapa de Vulnerabilidade da REGAP



Análise Multicritério dos maiores cenários acidentais da Refinaria Gabriel Passos, a partir de Estudo de Análise de Riscos.

Mapa elaborado por Paulo César Guimarães

1:15.000
0 115 230 460 690 920
Meters

Legenda

- Alto Risco
- Medio Risco
- Baixo Risco
- Area de Monitoramento

Figura 07 – Mapa de Vulnerabilidade da REGAP

Importante observar na análise final que as áreas como as novas unidades, o armazenamento de cloro e o pátio de GLP continuam com a indicação de alto risco de vulnerabilidade; já a produção fica como médio a baixo risco e áreas de monitoramento são observadas dentro da empresa, o que se torna de extrema valia para a definição de estratégias de prevenção e de respostas a emergências na REGAP.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento realizado apresenta-nos em que situação de vulnerabilidade as áreas da REGAP e de sua comunidade vizinha se encontram, decorrência da aplicação do SIG nos limites das hipóteses acidentais

Com posse desses resultados, foi possível a indicação de quais as áreas mais vulneráveis para Explosão, no caso as novas unidades e o pátio de GLP; para Nuvem Inflamável, que são as novas unidades, a produção e tanques de NAFTA; e para Nuvem Tóxica, são o armazenamento de cloro e a produção.

As principais considerações sobre este trabalho que reforçam estes pontos são as seguintes:

- O mapa de vulnerabilidade indicou a importância de se reforçar as informações quanto à vulnerabilidade para quem trabalha nas novas unidades, no armazenamento de cloro e no pátio de GLP devido a sua maior exposição aos riscos.
- As unidades situadas na produção devem estar sempre atentos, pois apesar do mapeamento indicar um risco médio nessas áreas, ainda há situações que a vulnerabilidade dependendo do cenário de risco.
- Do lado externo da Refinaria cabe uma atenção especial aos bairros Cascata e Petrolina, situados no município de Ibitité, que apesar de estarem em situação de baixa vulnerabilidade precisam estar preparados para agirem em uma situação emergencial.
- Deve-se traçar perspectivas para todas as unidades da Refinaria sobre os reflexos deste mapeamento na elaboração das futuras ações voltadas para Segurança, Meio Ambiente e Saúde da REGAP, como a prioridade de informação sobre os riscos existentes dentro e fora da empresa e a situação de vulnerabilidade apresentada neste trabalho.

Entretanto, essas análises e discussões devem ser ressaltados como iniciadores de discussões e estudos gerais que possam contribuir para o reforço do potencial do método nas aplicações de mapeamento e inventário dos recursos disponíveis nas empresas e em seus estudos de riscos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELLOS, C.; BASTOS, F. I. Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível?. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.12, n. 3, p. 389-397, jul./set. 1996.
- CÂMARA, G. Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos. Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, 1995.
www.dpi.inpe.br/teses/gilberto
- CÂMARA, G. et al. Introdução à Ciência da Geoinformação. 2. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2001. Capítulos 01, 02, 08 e 09.
- CAMACHO, E. N. Uma proposta de metodologia para a análise quantitativa de riscos. 2004. 140 p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CARLOS, Ana Fani Alessandri. A cidade. 3. ed. São Paulo: ed. Contexto, 1997.
- CARVALHO, M. S. Aplicação de métodos de análise espacial na caracterização de áreas de risco a saúde. 1997. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) - COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de orientação para elaboração de Estudos de Análise de Riscos: Norma P4.261. São Paulo: CETESB, 2003.
- FREITAS C. M., PORTO M. F. S., GOMEZ C. M. Acidentes químicos ampliados: um desafio para a saúde pública. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 29, p. 503-514. 1995.
- MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007, p. 2899-2906.
- MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano. Belo Horizonte, Ed. da Autora, 2003. 294p.

NARDOCCI, A. C. Estudo da distribuição dos riscos de acidentes ampliados na região de Campinas, Estado de São Paulo: relatório científico. São Paulo: FAPESP, 2007.

ROCHA, C. H. B. Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor, 2000.

ROSA, R.; BRITO, J. L. Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica. Uberlândia, MG: EDUFU, 1996.

UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. **Projeto Mata Atlântica Relatório final.** Convênio UFRJ/Furnas. Editado por Gilberto Mitchell. Rio de Janeiro: 1995.