



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em ENGENHARIA AMBIENTAL

UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA MONITORAMENTO
DE ATIVIDADES DE MINERAÇÃO AO LONGO DE DUTOS: POLIDUTO RIO DE
JANEIRO/MINAS GERAIS.

Efigênia Rossi

Rio Claro (SP)

2010

EFIGÊNIA ROSSI

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO PARA MONITORAMENTO
DE ATIVIDADES DE MINERAÇÃO AO LONGO DE
DUTOS: POLIDUTO RIO DE JANEIRO/MINAS
GERAIS**

*Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro
(SP), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” – Campus de Rio Claro, para a
obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.*

Orientadora: Profa. Dra. Paulina Setti Riedel

Co-orientadora: Profa. Dra. Mara Lúcia Marques

Rio Claro (SP)
2010

621.3678 Rossi, Efigênia

R831u Utilização de técnicas de geoprocessamento para monitoramento de atividades de mineração ao longo de dutos: poliduto Rio de Janeiro/Minas Gerais / Efigênia Rossi. - Rio Claro : [s.n.], 2010
63 f. : il., figs., tabs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Paulina Setti Riedel
Co-Orientador: Mara Lúcia Marques

1. Sensoriamento remoto. 2. Geotecnologias. 3. Extração mineral. 4. Transporte de petróleo. 5. Imagens de satélite. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

EFIGÊNIA ROSSI

**UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE
GEOPROCESSAMENTO PARA MONITORAMENTO
DE ATIVIDADES DE MINERAÇÃO AO LONGO DE
DUTOS: POLIDUTO RIO DE JANEIRO/MINAS
GERAIS**

*Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro
(SP), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” – Campus de Rio Claro, para a
obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.*

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Paulina Setti Riedel (orientadora)

Profa. Dra. Lucilia do Carmo Giordano

Msc. Mateus Vidotti Ferreira

Rio Claro, 23 de novembro de 2010.

Efigênia Rossi

Profa. Dra. Paulina S. Riedel

A Deus.

Aos meus pais,

Jandira F. J. Rossi e

João Carlos Rossi.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me amar e me acompanhar todos os dias da minha vida, me ajudando nos momentos difíceis e proporcionando os dias de felicidade.

Aos meus pais por me amarem e incentivarem sempre, mesmo nos dias em que eu perdia a esperança.

À minha irmã, eterna amiga, por me acompanhar, ouvir e aconselhar.

Aos meus padrinhos e toda a minha família.

À minha comunidade, por me apoiar, ouvir e ajudar nos momentos felizes e tristes.

Ao meu melhor amigo, pelo incentivo e confiança depositados em mim.

Aos meus amigos antigos e novos.

À minha orientadora Paulina Setti Riedel pela dedicação ao seu trabalho, incentivando a realização deste e sempre à disposição para me corrigir e propor soluções.

À minha co-orientadora Mara Lúcia Marques por me ajudar, corrigir e fazer enxergar aquilo que eu não percebia.

Aos colegas de laboratório, em especial, ao Mateus Vidotti Ferreira, pela disposição e paciência em ensinar e à Darlene de Cássia Armbrust, por sempre ajudar.

À Petróleo Brasileiro S.A. – Petrobras, pelo apoio financeiro.

Aos meus amigos da Engenharia Ambiental, por todos os momentos de crescimento vividos nesses anos. À Fernanda, companheira e conselheira. À Júlia, amiga paciente em me ouvir e parceira de futsal. À Natália e Danielle, pela confiança, amizade e alegria. Ao Lucas Fuess pela seriedade dedicada à faculdade e às histórias mal contadas. Ao Richard Francisco pelo companheirismo. À Felícia e Gabriela pelos momentos de felicidade. À Paola, Marcella e Richard Tomasella pelas conversas e auxílios.

Aos professores da Engenharia Ambiental pelos ensinamentos acadêmicos e pessoais passados ao longo dos cinco anos, que me acompanharão por toda a vida.

Agradeço a todos que fazem parte de minha vida e que me ajudaram de alguma forma a ultrapassar essa e todas as outras etapas, dedico a vocês.

“Aquilo que guardamos para nós acabamos perdendo um dia;
aquilo que damos, conservamos para sempre.”

J. Paul Schmitt

“Por esse tempo, pôs-se Jesus a dizer: Eu te louvo, ó Pai, Senhor do céu e da terra, porque ocultaste estas coisas dos sábios e doutores e as revelaste aos pequeninos. Sim, Pai, porque assim foi do teu agrado”.

Mt 11, 25-26.

RESUMO

O transporte de derivados de petróleo por meio de polidutos implica em uma preocupação relacionada à segurança e aos impactos ao meio ambiente que estes podem causar, principalmente quando expostos a riscos que afetem sua integridade. Dentre as várias atividades antrópicas incluídas nesse cenário, a mineração pode agravar e potencializar os riscos e degradar o meio ambiente. Tendo em vista as grandes extensões territoriais envolvidas no caso de polidutos, o sensoriamento remoto mostra-se com grande aplicabilidade como ferramenta de aquisição de dados. Neste contexto, este trabalho utilizou o processo de detecção de mudanças para monitorar as atividades de mineração, em área de estudo definida e inserida no estado do Rio de Janeiro, ao longo da faixa de dutos ORBEL. As etapas de trabalho iniciaram-se pela caracterização da área de estudo e das atividades de mineração existentes, por meio de levantamento de dados bibliográficos. O processamento das imagens de satélite e a aplicação da técnica de detecção de mudanças foram realizados em duas cenas referentes aos anos de 2002 e de 2010. Pode-se notar o crescimento em área das minerações de aproximadamente 6,67 vezes e tipos de extração envolvidos que podem oferecer riscos diretos ao poliduto.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Geoprocessamento; Mineração; Dutos.

ABSTRACT

The transportation of oil through polyducts implies a concern related to safety and environmental impacts they may cause, especially when exposed to risks that affect their integrity. Among the various anthropogenic activities included in this scenario, mining can aggravate, increase the risks and degrade the environment. Since these polyducts go through significant extensions, remote sensing has great applicability as a tool for data acquisition. For this, change detection techniques were used to monitor mining activities in a defined study area in the state of Rio de Janeiro, along the duct ORBEL. The characterization of the study area and the mining activities were developed through bibliographical data. The satellite images processing and the application of change detection technique were performed in two scenes for the years 2002 and 2010. The growth in the mining area was about 6.67 times and it was possible to identify types of extraction involved which can represent direct risks to the pipeline.

Keywords: Remote sensing; Geoprocessing; Mining; Pipelines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo	16
Figura 2 – Mapa geológico da área de estudo	18
Figura 3 – Mapa Geomorfológico da área de estudo.....	20
Figura 4 – Mapa Altimétrico e Isoietas.....	22
Figura 5 – Mapa indicativo do uso e ocupação do solo.....	23
Figura 6 – Mapa de áreas requeridas para mineração.....	24
Figura 7 – Lavra de areia por dragagem em leito de rio.	26
Figura 8 – Lavra de areia por desmonte hidráulico	27
Figura 9 – Diagrama sintético das operações em uma lavra de argila.....	28
Figura 10 – Esquema de escavação mecânica de argila em várzea.....	29
Figura 11 – O FOV define a largura (L) da faixa imageada pelo sensor que se desloca na direção V. O IFOV define o campo de visada que projeta sobre a superfície a dimensão mínima detectada em cada posição da faixa imageada.....	31
Figura 12 – Cubo de formação de cores no RGB.....	33
Figura 13 – Poliedro de formação de cores no IHS.....	33
Figura 14 – Fluxograma das etapas de trabalho.	39
Figura 15 – Áreas de mineração no ano de 2002.	51
Figura 16 – Áreas de mineração no ano de 2010.	52
Figura 17 – Áreas de crescimento da mineração entre os anos de 2002 e 2010.	53
Figura 18 – Áreas de mineração do ano de 2002 e suas respectivas formas de extração.....	55
Figura 19 – Áreas de mineração do ano de 2010 e suas respectivas formas de extração.....	56
Figura 20 – Imagem de satélite Geoeye/2010 com elementos fotointerpretativos semelhantes aos das áreas de mineração.....	57
Figura 21 – Obras civis observadas em campo.	57
Figura 22 – Situação ambiental da área de estudo para o ano de 2010.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas Lat/Lon, WGS-84, em graus, dos pontos de controle coletados no software Envi.....	44
Tabela 2 – Valores médios de correlação entre imagens originais e fusionadas.....	45
Tabela 3 – Valores quantitativos do crescimento, em área, das minerações.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Escala granulométrica de Udden-Wentworth.....	25
Quadro 2 – Correlação entre formas de ocorrência da areia e os métodos típicos de extração.	26
Quadro 3 – Materiais utilizados.	38
Quadro 4 – Dados nominais dos sensores ópticos.	42
Quadro 5 – Comparação entre os métodos de fusão IHS, Brovey, PC e GS.....	46
Quadro 6 – Vantagens e desvantagens dos métodos de fusão IHS, Brovey, PC e GS.....	48
Quadro 7 – Quadro-chave para fotointerpretação.	49
Quadro 8 – Resultados da etapa de processamento de imagens.	51

SUMÁRIO

1) INTRODUÇÃO	14
2) OBJETIVO	15
3) CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
3.1) Seleção da área de estudo	15
3.2) Caracterização do meio físico da área de estudo	16
3.2.1) <i>Geologia.....</i>	<i>16</i>
3.2.1.1) <i>Depósitos flúvio-lagunares</i>	<i>17</i>
3.2.1.2) <i>Suíte do Tinguá</i>	<i>17</i>
3.2.1.3) <i>Unidade Serra dos Órgãos</i>	<i>17</i>
3.2.1.4) <i>Unidade Santo Aleixo</i>	<i>18</i>
3.2.2) <i>Geomorfologia.....</i>	<i>18</i>
3.2.2.1) <i>Colinas isoladas.....</i>	<i>19</i>
3.2.2.2) <i>Domínio de colinas dissecadas, morrotes e morros baixos</i>	<i>19</i>
3.2.2.3) <i>Escarpas serranas.....</i>	<i>19</i>
3.2.2.4) <i>Planícies aluviais</i>	<i>20</i>
3.2.2.5) <i>Planícies colúvio-alúvio-marinhas</i>	<i>20</i>
3.2.3) <i>Clima.....</i>	<i>21</i>
3.2.4) <i>Uso e ocupação do solo.....</i>	<i>22</i>
4) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
4.1) Caracterização da mineração da área de estudo	23
4.1.1) <i>Método de extração de areia</i>	<i>25</i>
4.1.1.1) <i>Dragagem</i>	<i>26</i>
4.1.1.2) <i>Desmonte hidráulico</i>	<i>27</i>
4.1.1.3) <i>Desmonte mecânico</i>	<i>27</i>
4.1.2) <i>Método de extração de argila e saibro</i>	<i>27</i>
4.1.2.1) <i>Escavação mecânica a seco.....</i>	<i>29</i>

4.1.2.2) Escavação mecânica em várzea.....	29
4.2) Sensoriamento remoto	30
4.2.1) Processamento de imagens de sensoriamento remoto.....	32
4.2.1.1) Fusão	32
4.2.1.1.1) IHS.....	32
4.2.1.1.2) Brovey	34
4.2.1.1.3) Principais componentes (PC)	34
4.2.1.1.4) Gram-Schmidt (GS)	35
4.2.1.2) Detecção de mudanças	35
4.3) Ações de monitoramento de riscos em dutos	36
5) MATERIAL E MÉTODOS.....	38
5.1) Material.....	38
5.2) Métodos	39
5.2.1) Aquisição e organização dos dados.....	39
5.2.1.1) Banco de dados geográficos	39
5.2.1.1.1) Pré-processamento dos dados	40
5.2.1.1.1.1) Ortorretificação e/ou registro de imagens.....	40
5.2.1.1.1.2) Correção atmosférica	41
5.2.1.1.2) Processamento das imagens	41
5.2.1.1.2.1) Detecção de mudanças por interpretação visual.....	41
5.2.1.2) Trabalhos de campo.....	42
6) RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
6.1) Resultados	42
6.1.1) Pré-processamento dos dados	42
6.1.2) Processamento dos dados.....	44
6.2) Discussão	52
6.2.1) Ocorrência das feições	52
6.2.2) Alteração da extensão das feições	52

6.2.3) <i>Análise da proximidade das feições ao poliduto</i>	54
6.2.4) <i>Associação da ocorrência das feições às características do meio físico</i>	54
6.2.5) <i>Análise dos riscos associados ao tipo de extração mineral</i>	54
6.2.6) <i>Trabalhos de campo</i>	56
5) CONCLUSÕES	60
6) RECOMENDAÇÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1) INTRODUÇÃO

Os dutos possuem grandes extensões territoriais e atravessam regiões distintas quanto aos aspectos físicos e socioeconômicos, dessa maneira, torna-se necessário o monitoramento de atividades que possam causar riscos à integridade dos mesmos, pois transportam substâncias que podem trazer impactos à sociedade e ao meio ambiente. Uma vez que há a ocorrência de acidentes, alguns programas estratégicos foram criados a fim de estabelecer procedimentos de controle, intervenção e demais ações de monitoramento que possam mitigar ou prevenir esses riscos.

Esses programas estratégicos englobam aspectos técnicos relacionados aos dutos, tais como corrosão interna e externa, controle de vazão, entre outros. Além disso, destacam-se também os aspectos relativos ao meio ambiente, permeando a geologia-geotécnica, a geomorfologia, o clima e o uso e ocupação da terra. A análise de riscos relacionada ao meio ambiente é complexa e multidisciplinar, por agregar informações referentes aos aspectos físicos e antrópicos.

Como as atividades de mineração podem utilizar técnicas de extração que vão desde o uso de explosivos até a movimentação de grandes quantidades de massa por meio de veículos pesados, torna-se importante o monitoramento desses locais quando localizados próximos às faixas de dutos, a fim de que seus impactos não comprometam a integridade dos mesmos.

Diante dessas considerações, o sensoriamento remoto pode ser uma ferramenta eficiente na obtenção de dados que possibilitem a análise de grandes áreas em um curto intervalo de tempo, quando comparado ao monitoramento por terra ou outros sistemas. Os dados obtidos por sensores remotos são processados por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que além de facilitar a gestão de informações e o acesso ao banco de dados, possuem algoritmos computacionais que permitem correções de distorções geométricas e radiométricas, transformações e demais procedimentos que ofereçam subsídios para a análise.

Dentre os procedimentos anteriormente citados está a detecção de mudanças, que consiste em um conjunto de técnicas que permitem a análise multitemporal de dados. Essas técnicas dependem da aquisição de imagens de diferentes datas de uma mesma área. Tais imagens devem ser devidamente ortorretificadas e/ou registradas antes da aplicação propriamente dita de um dos tipos de técnicas de detecção de mudanças. A escolha das técnicas não é trivial e depende dos tipos de informações disponíveis e a finalidade do estudo.

2) OBJETIVO

Utilizar a abordagem de detecção de mudanças para monitorar atividades de mineração ao longo da faixa de dutos ORBEL, localizada em área de estudo definida e inserida no estado do Rio de Janeiro.

3) CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A faixa de dutos ORBEL está localizada na região sudeste, iniciando-se no município de Duque de Caxias (RJ) até Betim (MG). Com uma extensão de aproximadamente 363,9 km, atravessa 24 municípios, sendo 18 no estado de Minas Gerais e 6 no Rio de Janeiro. Os dutos ORBEL compartilham faixas com os gasodutos GASPAL e GASBEL e com o oleoduto ORBEL II, este último, destinando-se ao transporte de petróleo da REDUC (Refinaria Duque de Caxias/Terminal de Campos Elíseos - TECAM) no Rio de Janeiro para a REGAP (Refinaria Gabriel Passos) em Minas Gerais. Devido à sua grande extensão, foi escolhida uma área de estudo definida que está inserida no estado do Rio de Janeiro, cujos critérios de seleção e sua localização encontram-se descritos no item a seguir.

3.1) Seleção da área de estudo

A área de estudo, indicada pela figura 1, localiza-se entre os municípios de Nova Iguaçu, Duque de Caxias e Belford Roxo. Os critérios para a seleção da área foram baseados na heterogeneidade encontrada nos quesitos geologia, geomorfologia, clima e uso e ocupação do solo, a fim de analisar as diversificadas situações que envolvem a segurança dos dutos.

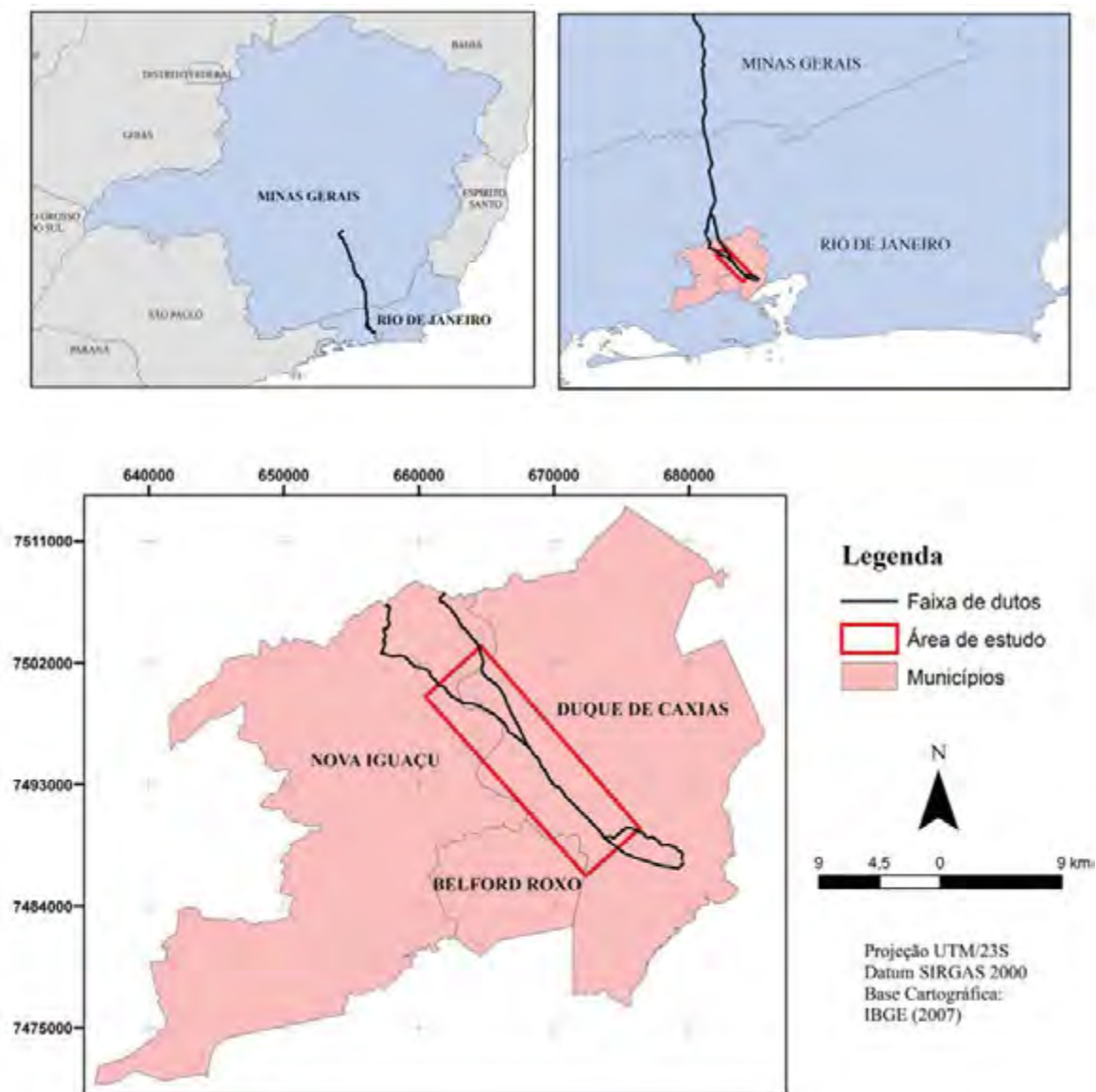


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

3.2) Caracterização do meio físico da área de estudo

Quanto às características do meio físico em questão, deve-se analisar os seguintes fatores: geologia, geomorfologia, clima e uso e ocupação do solo.

3.2.1) Geologia

O estado do Rio de Janeiro pode ser dividido em dois domínios morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozóicas. O Cinturão Orogênico do Atlântico pode ser subdividido nos seguintes domínios morfoesculturais: Maciços Costeiros e Interiores, Maciços Alcalinos Intrusivos, Superfícies Aplainadas nas

Baixas Litorâneas, Escarpas Serranas, Planaltos Residuais, Depressões Interplanálticas, Depressões Interplanálticas com Alinhamentos Serranos (CPRM, 2000).

As Bacias Sedimentares Cenozóicas podem ser subdivididas nos seguintes domínios morfoesculturais: Tabuleiros de Bacias Sedimentares, Planícies Fluviomarinhas (Baixadas) e Planícies Costeiras (CPRM, 2000).

Essas rochas sedimentares estão armazenadas em decorrência da tectônica extensional gerada no início do Cenozóico. Os sedimentos inconsolidados das baixadas costeiras foram gerados ao longo dos ciclos transgressivos e regressivos da linha de costa durante o Quaternário, que promoveram o afogamento generalizado do relevo junto à atual linha de costa, registrado nas atuais rias, baías e lagunas nas colinas e morros isolados no recôncavo das baixadas (CPRM, 2000).

No que se refere à geologia da área de estudo podem-se distinguir quatro formações, visualizadas na figura 2.

3.2.1.1) Depósitos flúvio-lagunares

Os depósitos flúvio-lagunares, do período cenozóico/quaternário, estão relacionados à progradação fluvial em meio a um ambiente transicional/marinho raso em razão de variações climáticas e/ou glácio-eustáticas. Em relação à litologia da região, observa-se extensa sedimentação superficial areno-lamosa, e abaixo desta, camadas de areias biodetríticas e sedimentos lamosos de fundo lagunar. Também nota-se, em certos locais, a presença de turfas (CPRM, 2000).

3.2.1.2) Suíte do Tinguá

Dentre os maciços alcalinos do período cretáceo/terciário, está a Suíte do Tinguá. A origem desses maciços, que permeiam preferencialmente a região litorânea centro-oeste do Estado, remete ao evento magmático relacionado à Reativação Wealdeniana (Almeida, 1967 *apud* CPRM, 2000) na Província Serra do Mar. Esses eventos são relacionados à evolução do Oceano Atlântico Sul, implantado após a quebra do supercontinente Pangea, no período Cretáceo. A Suíte do Tinguá localiza-se nos contrafortes da Serra do Mar, a norte do município de Nova Iguaçu, nas cabeceiras dos rios Douro, Iguaçu e Santo Antônio. Ela atinge cotas de até 1.600 m, com cerca de 50 km² de área (CPRM, 2000).

3.2.1.3) Unidade Serra dos Órgãos

A Unidade Serra dos Órgãos é um batólito granítico que apresenta uma forma extremamente alongada na direção NE/SO, com 140 km de comprimento por 20 km de

largura média. O batólito é envolvido nas bordas oeste e sul pelos ortognaisses do Complexo Rio Negro, no qual é intrusivo, e na borda norte pelo Leucogranito Gnaiss Serra do Paquequer. Na porção nordeste é intrusivo nos paragneisses do Complexo Paraíba do Sul. Litologicamente é composta por hornblenda-biotita granitóide de granulação grossa e composição expandida de tonalítica a granítica, composição cálcio-alcálica. Texturas e estruturas magmáticas preservadas com foliação tangencial em estado sólido superimpostas. Localmente podem ser observados enclaves de paleodiques anfibolíticos (CPRM, 2000).

3.2.1.4) Unidade Santo Aleixo

A Unidade Santo Aleixo é uma das fácies marginal do batólito Serra dos Órgãos, constituída por granada-hornblenda-biotita granodiorito, rico em xenólitos de paragneisse parcialmente fundido e assimilado (migmatito de injeção) (CPRM, 2000).

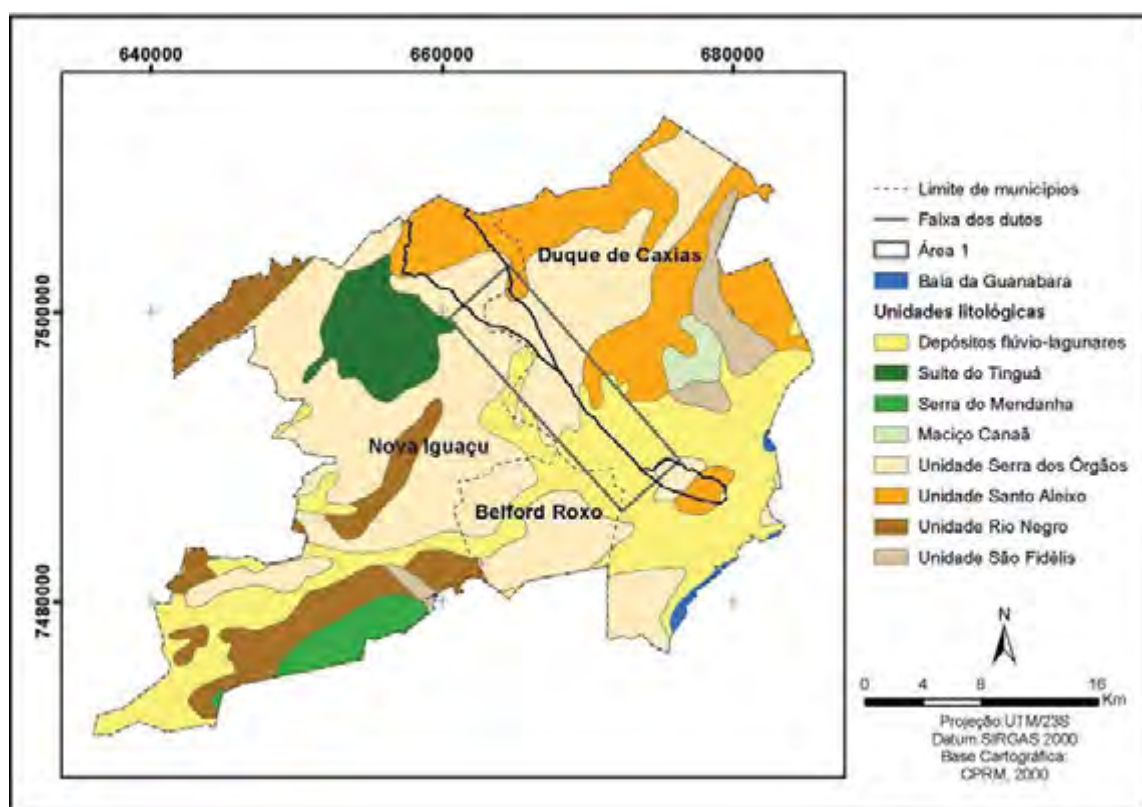


Figura 2 – Mapa geológico da área de estudo. Fonte: Ferreira (2009).

3.2.2) Geomorfologia

O estado do Rio de Janeiro apresenta grandes desníveis e elevações abruptas caracterizando um relevo bastante acidentado. Podem-se distinguir três unidades morfológicas

principais do estado: as baixadas, os maciços litorâneos e o planalto. As baixadas litorâneas são planas, apenas entalhadas pelos rios, e mais para o interior dão lugar a morros argilosos, onde as rochas do cristalino se acham profundamente decompostas. Os maciços litorâneos estendem-se desde Cabo Frio até a porção oriental da Baía de Guanabara em meio à Baixada Fluminense, formando um alinhamento com 200 a 500 m de altitude. O planalto ocupa a maior parte do território e seu rebordo oriental é formado pela Serra do Mar, que atravessa o estado do Rio de Janeiro acompanhando o seu litoral. Inicia-se ao norte do estado de Santa Catarina e se estende por mais de 1.000 km até o norte do estado do Rio de Janeiro, recebendo diferentes denominações, como Serra da Bocaina, ao sul do estado, Serra da Estrela e serra dos Órgãos, ao fundo da baía de Guanabara (CPRM, 2000).

A área de estudo apresenta os seguintes domínios geomorfológicos, como ilustra a figura 3.

3.2.2.1) Colinas isoladas

Essa forma de relevo residual é classificada como relevo de degradação entremeados na baixada e caracteriza-se por possuir vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com sedimentação de colúvios, remanescentes do afogamento generalizado do relevo produzido pela sedimentação flúvio-marinha que caracteriza as baixadas litorâneas. O padrão de drenagem é dendrítico e a densidade de drenagem é muito baixa. No fundo de vales afogados a drenagem é imperfeita. Há predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 100 m e gradientes suaves (CPRM, 2000).

3.2.2.2) Domínio de colinas dissecadas, morrotes e morros baixos

Esse domínio é classificado como relevo de degradação em planaltos dissecados ou superfícies aplainadas e trata-se de relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexas e topos arredondados e/ou alongados e de morrotes e morros dissecados, com vertentes retilíneas e côncavas e topos aguçados ou alinhados, com sedimentação de colúvios e alúvios. A densidade de drenagem é de média a alta com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Há predomínio de amplitudes topográficas entre 100 e 200 m e gradientes suaves a médios (CPRM, 2000).

3.2.2.3) Escarpas serranas

As escarpas serranas são um tipo de relevo montanhoso e extremamente acidentado são classificados por relevos de degradação em áreas montanhosas. As vertentes são predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados

ou levemente arredondados. A densidade de drenagem é muito alta com padrão de drenagem variável, de paralelo a dendrítico, ou treliça a retangular. Predomínio de amplitudes topográficas superiores a 500 m e gradientes muito elevados, com ocorrência de colúvios e depósitos de tálus, solos rasos e afloramentos de rocha (CPRM, 2000).

3.2.2.4) Planícies aluviais

As planícies aluviais são um tipo de relevo de agradação continental, constituído por planícies de inundação, terraços fluviais e leques alúvio-coluviais. São superfícies sub-horizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos canais-tronco (CPRM,2000).

3.2.2.5) Planícies colúvio-alúvio-marinhas

As planícies colúvio-alúvio-marinhas são um tipo de relevo de agradação litorânea, constituído por terrenos argilo-arenosos das baixadas. São superfícies sub-horizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes à linha de costa, de interface com os sistemas deposicionais continentais (processos fluviais e de encosta) e marinhos. Os terrenos são mal drenados com padrão de canais meandrante e divagante. Há a presença de superfícies de aplainamento e pequenas colinas ajustadas ao nível de base das baixadas (CPRM, 2000).

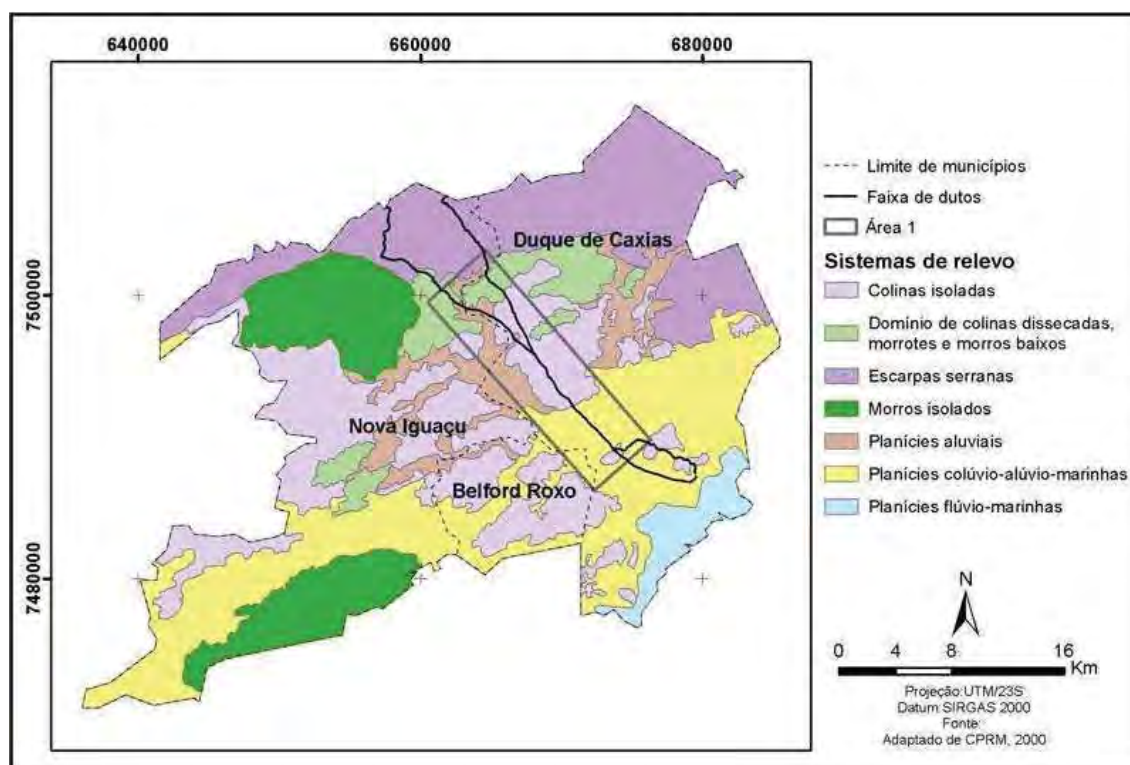


Figura 3 – Mapa Geomorfológico da área de estudo. Fonte: Ferreira (2009).

3.2.3) *Clima*

O clima da região Sudeste do Brasil pode ser explicado por meio dos fatores estáticos, que dizem respeito à localização geográfica e topografia, e dinâmicos, que correspondem às massas de ar. Dentre os fatores estáticos, nota-se que a região Sudeste é exposta ao fluxo meridional de ar frio oriundo do Pólo Sul sobre as águas quentes do oceano, assim, há uma maior frequência de invasões de frentes frias e de linhas de instabilidade tropicais, uma vez que a região está sob a trajetória preferida por tais correntes. Por se situar próxima ao mar, as camadas de ar que lhe estão superpostas apresentam maior densidade de núcleos de condensação (CPRM, 2000).

Os fatores dinâmicos indicam que a região sudeste está, na maior parte do ano, sob o domínio da massa Tropical Atlântica. Essa massa, de divergência anticiclônica, possui elevada temperatura, fornecida pela intensa radiação solar das latitudes tropicais, e forte umidade específica, fornecida pela intensa evaporação marítima (CPRM, 2000).

No Estado do Rio de Janeiro, a distribuição espacial das chuvas é determinada por dois fatores: a orografia e o mecanismo dinâmico. O paralelismo das escarpas das serras do Mar e da Mantiqueira opõem-se frontalmente à direção dos ventos das correntes de circulação atmosférica fazendo com que as precipitações pluviométricas sejam diretamente proporcionais à altitude. Nenhuma outra serra do território nacional exerce tanta influência no sentido do acréscimo de precipitações quanto elas, que possuem médias pluviométricas entre 2.000 a 4.500 mm.

Em contrapartida está o Vale do Paraíba, a subtração de umidade do ar realizada pelas serras da Mantiqueira e do Mar e a dessecação adiabática tornam essa depressão topográfica bem menos úmida e chuvosa. Sua pluviometria anual varia de 750 a 1.000 mm. Outra área igualmente menos chuvosa é a Baixada Litorânea. Seu trecho do Espírito Santo à lagoa de Araruama no estado do Rio de Janeiro apresenta as mais baixas alturas de precipitação, inferiores a 1.000 mm (CPRM, 2000).

Especificamente na área de estudo, a pluviosidade média anual dos municípios selecionados, varia de 1.200 mm a 2.200 mm. O mapa das isoietas das precipitações médias anuais está apresentado na figura 4 ilustrando a distribuição da chuva ao longo da região de estudo, bem como a altitude do local, a fim de se analisar a influência do mesmo no estabelecimento do clima da região.

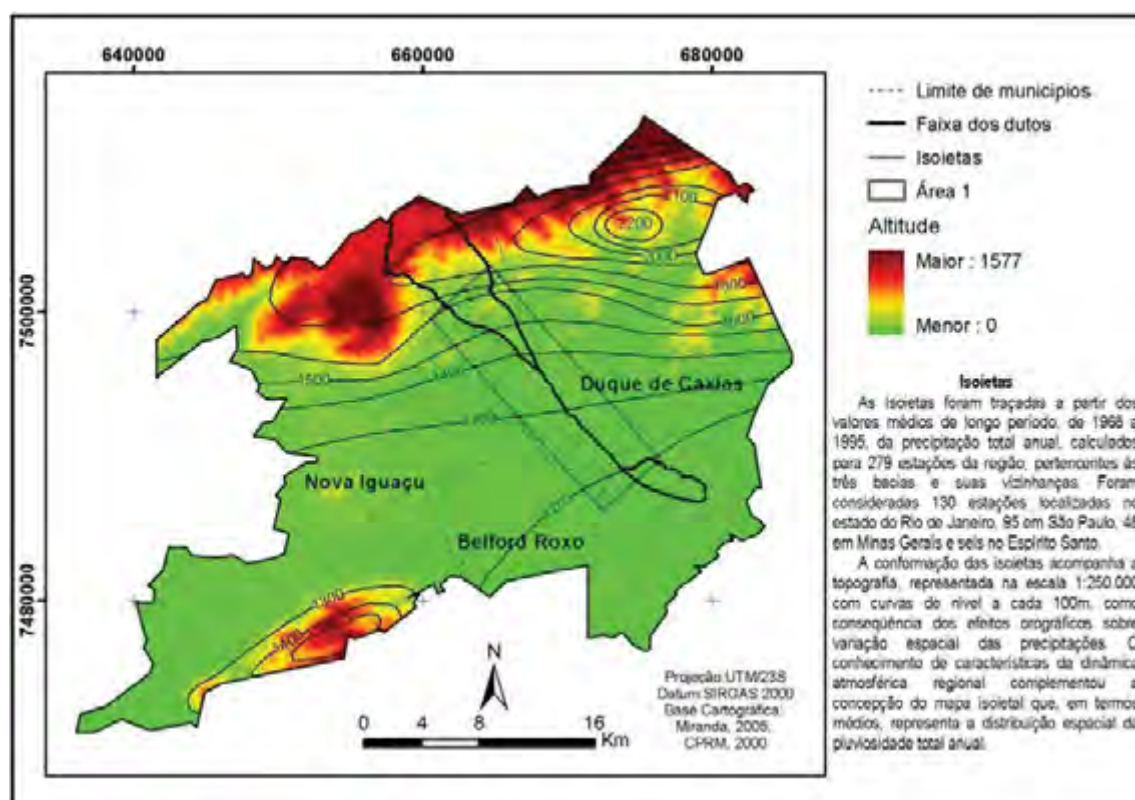


Figura 4 – Mapa Altimétrico e Isoietas. Fonte: Ferreira (2009).

3.2.4) Uso e ocupação do solo

De acordo com as informações referentes à vegetação natural, uso e ocupação atual e o mapa geoambiental encontradas em CPRM (2000), Ferreira (2009) elaborou um mapa indicativo do uso e ocupação do solo encontrado na figura 5. Vale salientar que a figura 5 foi considerada um mapa indicativo, pois algumas classes representam mais de um uso, não sendo possível determinar com exatidão qual é o uso exato da área. Pode-se observar que a área urbana ocupa área de planícies fluviais, marinhas e lagunares, seguida pelas áreas de colinas e morros baixos, enquanto que a vegetação natural ocupa regiões das escarpas serranas e de maciços alcalinos (FERREIRA, 2009).

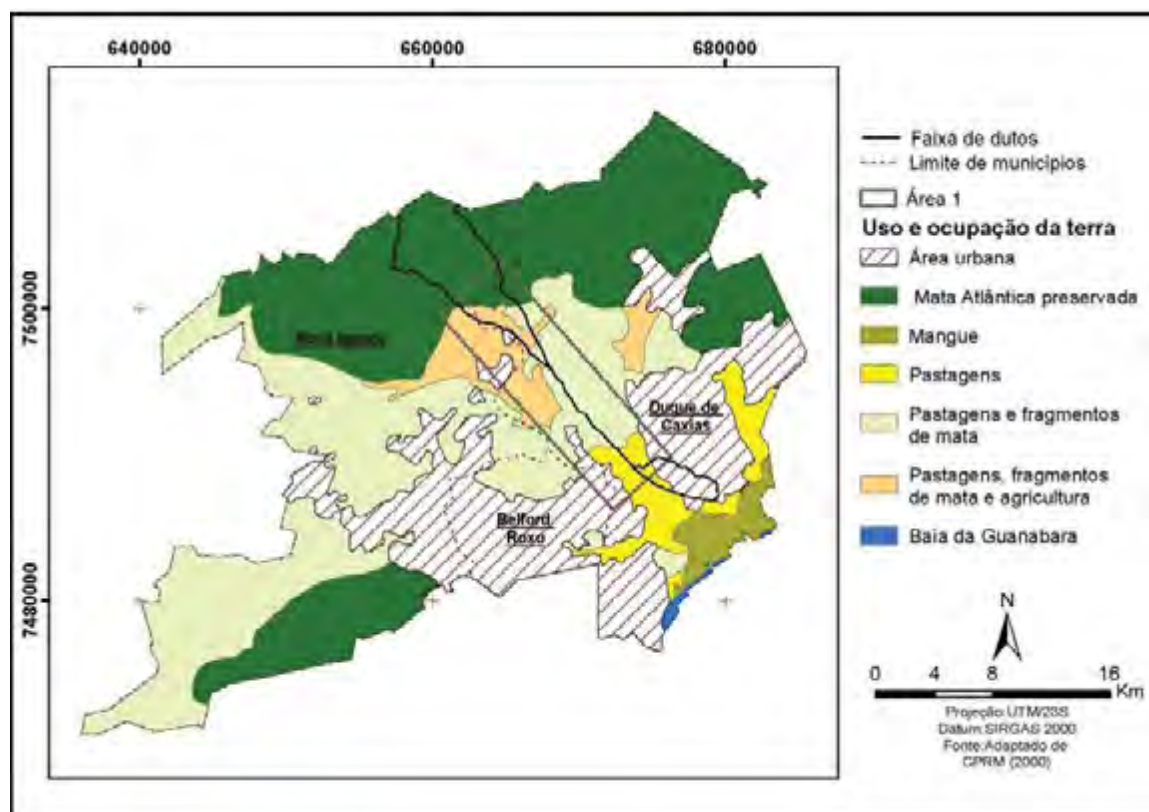


Figura 5 – Mapa indicativo do uso e ocupação do solo. Fonte: Ferreira (2009).

4) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1) Caracterização da mineração da área de estudo

A caracterização da mineração da área de estudo foi realizada por meio dos dados provenientes do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), no que diz respeito às áreas requeridas para mineração. Dessos dados pode-se construir o mapa da figura 6.

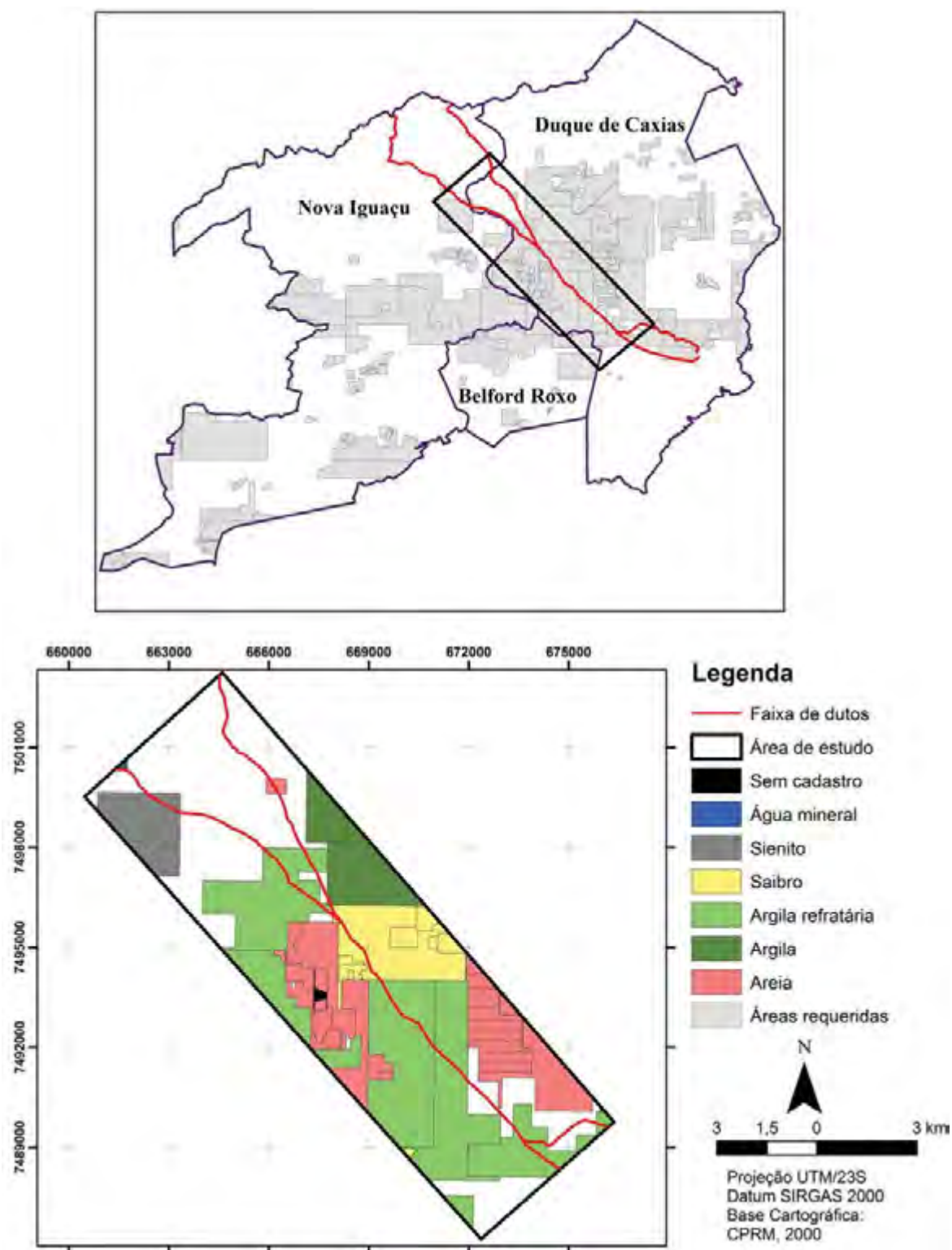


Figura 6 – Mapa de áreas requeridas para mineração.

Ainda no que diz respeito à mineração, vale salientar que a área de estudo apresenta predominantemente extração de areia, argila e saibro cujos métodos de extração estão descritos a seguir.

4.1.1) Método de extração de areia

A areia, segundo Teixeira et.al (2009), é um conceito relativo apenas ao tamanho do grão. De acordo com a escala granulométrica de Udden-Wentworth, descrita a seguir pelo quadro 1, corresponde ao intervalo de 2 a 0,062 mm.

Quadro 1 – Escala granulométrica de Udden-Wentworth.

Intervalo granulométrico (mm)	Classificação nominal	
> 256	Cascalho	Matacão
256 – 64		Bloco ou calhau
64 – 4,0		Seixo
4,0 – 2,0		Grânulo
2,0 – 1,0	Areia	Areia muito grossa
1,0 – 0,50		Areia grossa
0,50 – 0,250		Areia média
0,250 – 0,125		Areia fina
0,125 – 0,062		Areia muito fina
0,062 – 0,031	Silte	Silte grosso
0,031 – 0,016		Silte médio
0,016 – 0,008		Silte fino
0,008 – 0,004		Silte muito fino
< 0,004	Argila	Argila

Fonte: Teixeira et.al (2009).

Como as partículas de areia são o resultado de processos intempéricos de fragmentação de rochas, a areia é geralmente constituída de quartzo, mas pode conter minerais secundários. Dependendo da rocha matriz de origem e do grau e tipo de intemperismo as areias podem conter feldspatos, micas, rutilo, entre outros (MURRAY, 1994 *apud* FIESP, 2006).

Dependendo da forma de ocorrência da areia, das características da jazida e da região, o método de extração pode variar segundo o quadro 2, a seguir (FIESP, 2006).

Quadro 2 – Correlação entre formas de ocorrência da areia e os métodos típicos de extração.

Forma de ocorrência da areia	Métodos típicos de extração
Não coesa, encontrada nos leitos de rios.	Dragagem.
Não coesa, encontrada nas planícies e terraços fluviais.	Desmonte hidráulico ou dragagem.
Não coesa, encontrada em dunas litorâneas.	Desmonte mecânico.
Areia consolidada na forma de arenitos ou quartzitos, formando platôs, com escarpas.	

Fonte: adaptado de Fiesp (2006).

4.1.1.1) Dragagem

Esse método consiste basicamente na sucção da polpa encontrada na superfície do leito submerso por meio de um instrumento chamado de draga. A draga pode conter um dispositivo mecânico em sua extremidade com a função de desagregar o material succionado e facilitar a extração. O sistema de bombeamento pode ser estruturado por meio de barcaça móvel, ou seja, autopropulsão ou barco reboque para o transporte do material ou por meio de barcaça com ancoragem fixa, cujo transporte do material se dá através de tubulação sustentada por tambores flutuantes, que pode ser visto na figura 7 (FIESP, 2006).



Figura 7 – Lavra de areia por dragagem em leito de rio. Fonte: Almeida, 2003 *apud* Fiesp, 2006.

4.1.1.2) Desmorte hidráulico

Esse método consiste na aplicação de um jato de água com pressão sobre a base do talude de maneira que haja o desmoronamento do material de forma controlada. O transporte da polpa até as etapas posteriores de beneficiamento é realizado por meio de bombeamento. A figura 8 a seguir mostra um esquema de extração desse tipo (FIESP, 2006).

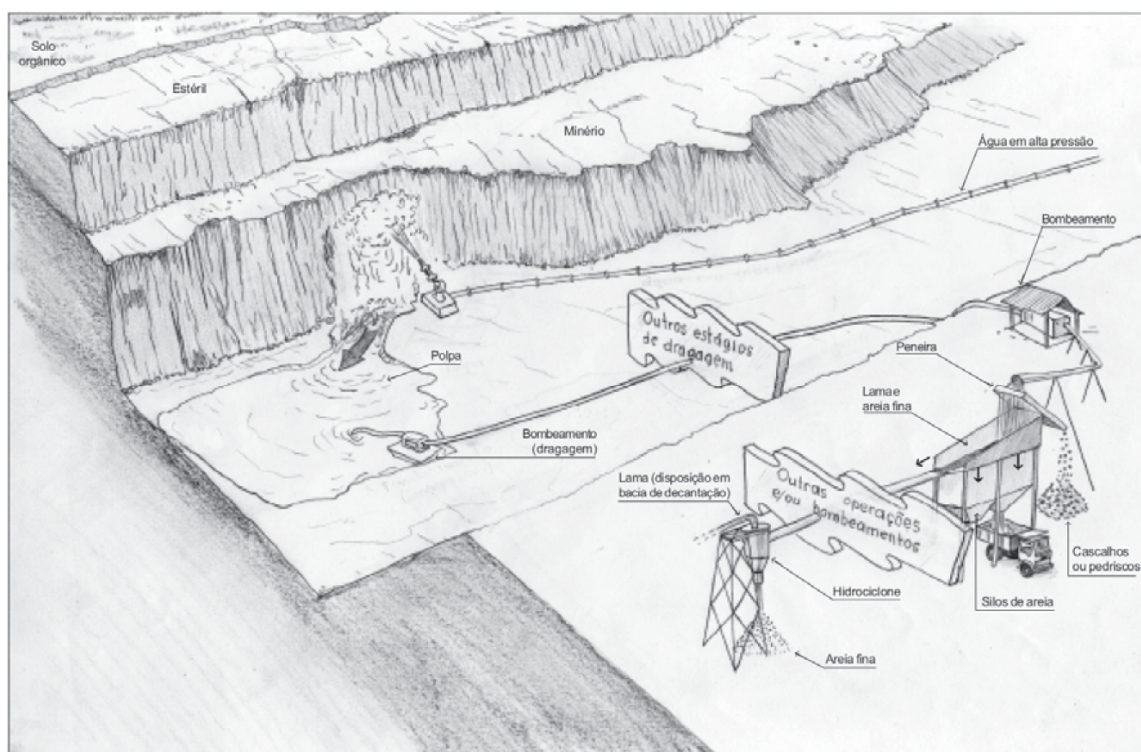


Figura 8 – Lavra de areia por desmorte hidráulico. Fonte: Almeida, 2003 *apud* Fiesp, 2006.

4.1.1.3) Desmorte mecânico

Esse método é preferencialmente recomendado para locais não inundados e com boa sustentação para a movimentação de veículos pesados. Consiste basicamente na escavação mecânica direta do material por meio de escavadeiras, tratores ou pás-carregadeira. O transporte dá-se por meio de caminhões basculantes. Quando o material encontra-se muito coeso podem ser usados explosivos para facilitar sua desagregação (FIESP, 2006).

4.1.2) Método de extração de argila e saibro

Pode-se notar pelo quadro 1 que a argila corresponde a uma granulometria menor do que 0,004 mm. Os chamados minerais de argila são constituídos preferencialmente por silicatos hidratados de alumínio, podendo ocorrer também quantidades significativas de ferro, álcalis, e elementos alcalinos terrosos. Quando úmida, a maioria dos tipos de argilas possuem propriedades plásticas, exceto a halloysita (FIESP, 2006).

As operações unitárias de uma lavra de argila podem ser vistas na figura 9. Inicialmente tem-se a remoção da vegetação e a retirada e armazenamento temporário de solo orgânico ou vegetal para ser utilizado posteriormente na recuperação ambiental. Na sequência, há o decapeamento, que é a remoção do estéril, por meio de escavação mecânica. Essa operação geralmente é realizada com trator de esteira ou retroescavadeira, com carregamento por pá carregadeira e transporte por caminhões basculantes. Após o decapeamento, o desmonte do minério é realizado mecanicamente, por retroescavadeira ou com emprego de explosivos (AMPLA..., 2008).

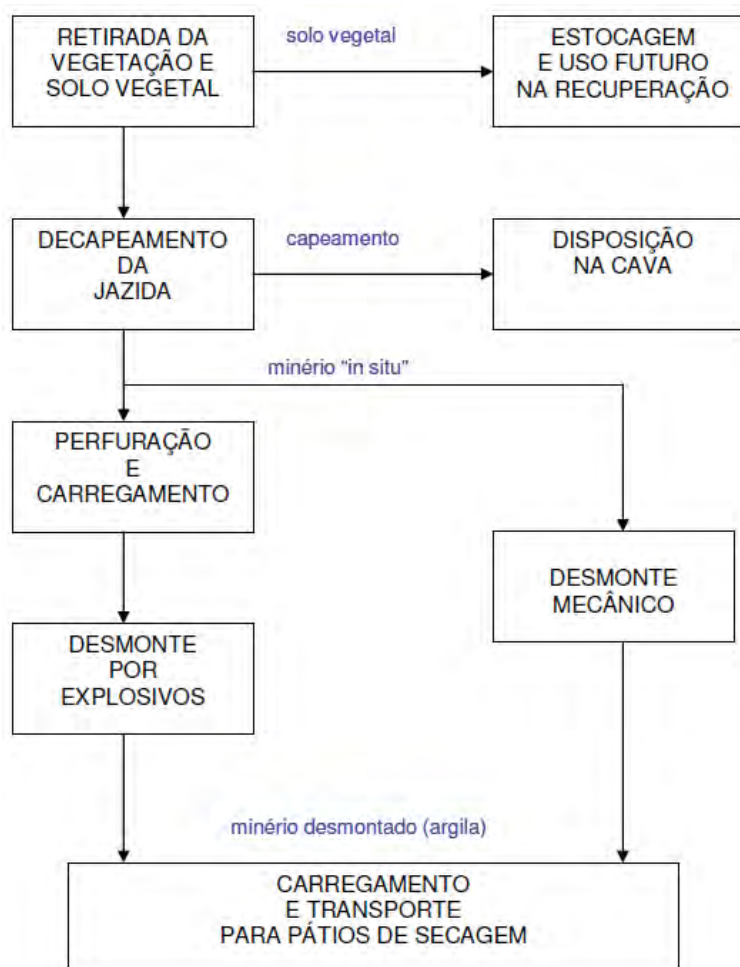


Figura 9 – Diagrama sintético das operações em uma lavra de argila. Fonte: Ampla... (2008).

O saibro é o produto do intemperismo químico incompleto de rochas feldspáticas leucocráticas, ou seja, granitos e gnaisses, conservando alguma textura original. O saibro é o intermediário entre o moledo e a argila, muito poroso e permeável, pode ser desmontado mecanicamente com enxadão, ou quando mais consolidado, com a utilização de picaretas (IBGE, 2004 *apud* FIESP, 2006).

Semelhante à areia, a argila e o saibro possuem diversos tipos de extração dependendo da forma de ocorrência do minério, das condições geológicas do local ou ainda das necessidades do empreendimento. De maneira geral, pode-se distinguir dois tipos: escavação mecânica a seco e escavação mecânica em várzea (FIESP, 2006).

4.1.2.1) Escavação mecânica a seco

Esse método consiste basicamente na descrição vista na figura 9 anteriormente. Há inicialmente a retirada da cobertura vegetal, do solo orgânico e do estéril, esse material pode ser utilizado na recuperação da área ou são dispostos em botas-foras. Após isso é realizado o desmonte mecânico, com utilização ou não de explosivos.

4.1.2.2) Escavação mecânica em várzea

Nesse método, a extração se dá em locais onde a argila encontra-se acumulada em várzeas com alto índice de umidade e adensamento. A retirada do material é realizada por meio de retroescavadeiras, escavadeiras hidráulicas, ou “drag-line”, com a formação de fossas, como ilustra a figura 10 (FIESP, 2006).

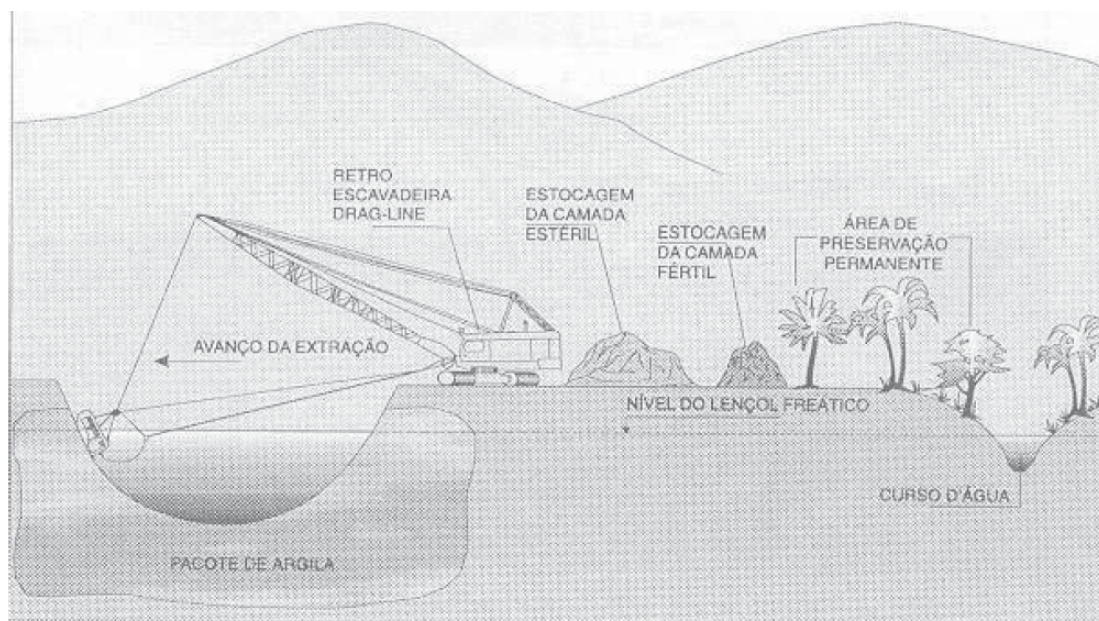


Figura 10 – Esquema de escavação mecânica de argila em várzea. Fonte: Bruschi e Peixoto, 1997 *apud* FIESP, 2006.

4.2) Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido, de acordo com Novo (2008), como a utilização de sistemas sensores e demais equipamentos para processamento e transmissão de dados, com a finalidade de analisar os fenômenos da superfície da Terra por meio das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem. Após a incidência da radiação em uma superfície, podem ocorrer as seguintes interações: reflexão, transmissão e espalhamento. A reflexão pode ser descrita em termos de emitância que é o fluxo de energia que deixa a superfície, radiância que é o fluxo de energia radiante por unidade de área normal à fonte ou reflectância que é a razão entre o fluxo refletido e o fluxo incidente de energia em uma superfície. A transmissão dá-se na interface entre os dois meios e é geralmente absorvida pelo material ou pode ser reemitida na forma de dissipação de energia, e por fim, o espalhamento é a propriedade da energia em se espalhar em todas as direções do meio incidente.

Os sistemas sensores são responsáveis pela conversão da energia proveniente dos alvos em registros na forma de imagem ou gráfico que associem a distribuição das interações existentes em suas propriedades físicas, químicas, biológicas ou geométricas. Como esse processo de conversão está sujeito a algumas degradações de informações, é necessária a aplicação de algoritmos para correções radiométricas e geométricas. Ainda em relação aos sensores, estes podem ser classificados como passivos ou ativos. Os sensores passivos ou ópticos são aqueles que detectam a energia originada de uma fonte externa e os sensores ativos ou radares são aqueles que detectam a energia originada de fonte própria (NOVO, 2008).

De acordo com Novo (2008), os sensores possuem características básicas classificadas em geométricas, espectrais e radiométricas. Nesse sentido, podem-se definir resolução temporal, espacial, espectral e radiométrica. A resolução temporal se refere ao intervalo de tempo que o sensor utiliza para obter duas imagens da mesma área da superfície terrestre. A resolução espacial é o tamanho da menor área imageada no terreno e nos sensores ópticos, depende fundamentalmente do campo de visada do sensor ou *Field Of View* (FOV) e do campo de visada instantâneo ou *Instantaneous Field Of View* (IFOV), ilustrados na figura 11.

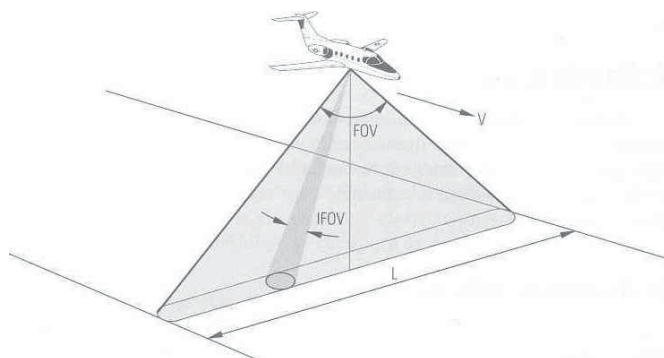


Figura 11 – O FOV define a largura (L) da faixa imageada pelo sensor que se desloca na direção V. O IFOV define o campo de visada que projeta sobre a superfície a dimensão mínima detectada em cada posição da faixa imageada. Fonte: Novo (2008).

A resolução espectral é a medida da largura das faixas espectrais ou bandas do sensor, sendo que quanto mais estreitas, maior a sensibilidade do sensor em distinguir as variações do comportamento espectral. Geralmente, os sensores com melhor resolução espectral são aqueles que apresentam um maior número de bandas disponíveis para análise. A resolução radiométrica é a propriedade do sensor em distinguir variações do nível de energia proveniente do alvo. Visto que o nível de energia é registrado em um número digital (ND) e que este é armazenado em uma quantidade definida de bits, logicamente, sensores com maior resolução radiométrica são aqueles que apresentam maior número de bits (NOVO, 2008).

Cabe salientar que o sensoriamento remoto pode ser uma ferramenta eficiente na obtenção de dados que possibilitem a análise de grandes áreas em um curto intervalo de tempo, quando comparado ao monitoramento por terra ou outros sistemas. Os dutos possuem grandes extensões territoriais e atravessam regiões distintas quanto aos aspectos físicos e socioeconômicos, dessa maneira, torna-se necessário o monitoramento de atividades que possam causar riscos à integridade dos mesmos, pois transportam substâncias que podem trazer impactos à sociedade e ao meio ambiente. Vale acrescentar que as atividades de campo são essenciais para atestar a veracidade das informações analisadas por meio do sensoriamento remoto.

4.2.1) *Processamento de imagens de sensoriamento remoto*

São várias as técnicas de processamento de imagens. Estas técnicas visam melhorar a qualidade das imagens e favorecer o trabalho do fotointérprete. Nas imagens de alta resolução são bastante utilizadas as técnicas de fusão.

4.2.1.1) *Fusão*

A fusão pode ser definida genericamente pela aplicação de um conjunto de métodos e ferramentas a uma série de dados de diferentes naturezas a fim de se obter informações de maior qualidade (MANGOLINI, 1994 *apud* WALD, 1999).

Como as imagens pancromáticas possuem uma melhor resolução espacial quando comparadas às imagens multiespectrais e que estas últimas possuem melhor resolução espectral, a técnica de fusão é um meio eficiente e econômico para se conseguir imagens com alta resolução espacial, bem como essencial informação espectral (KALPOMA; KUDOH, 2007).

Por possuírem informações detalhadas, segundo Kalpoma e Kudoh (2007), as imagens provenientes do processo de fusão podem ser utilizadas em diversas áreas. Nas geociências, para as técnicas de classificação, detecção de mudanças, atualização de mapas e monitoramento de riscos, na defesa nacional de territórios, para a detecção de alvos e rastreamento, e na medicina para o diagnóstico, modelagem do corpo humano e planejamento de tratamentos.

Dependendo da natureza dos dados originais e dos resultados desejados existem diversos métodos, cada qual com seu algoritmo, que podem ser utilizados para a aplicação da fusão em imagens. Vale salientar que anteriormente à aplicação dos mesmos é necessário que as imagens multiespectrais sejam registradas e o tamanho do pixel deve ser reamostrado para o da imagem pancromática de alta resolução (SCHOTT, 1997). Serão descritos a seguir os seguintes métodos: IHS, Brovey, Principais componentes (PC) e Gram-Schmidt (GS).

4.2.1.1.1) *IHS*

O método IHS é baseado na transformação do espaço RGB (*Red* - vermelho, *Green* - verde e *Blue* - azul) no espaço IHS (*Intensity* - intensidade, *Hue* - matiz e *Saturation* - saturação). O IHS é amplamente utilizado por ser considerado eficiente e de fácil implementação, entretanto possui a limitação de processar apenas três bandas por vez e a imagem de saída limita-se a uma resolução radiométrica de 8 bits devido ao sistema de cores RGB (SCHOTT, 1997; PINHO *et. al.* 2005).

A formação de cores no espaço RGB, como pode ser vista na figura 12, depende da coordenada do ponto, atribuída por cada eixo. O branco, por exemplo, é a atribuição do valor máximo de cada um dos eixos (MATHER, 1987).

O espaço IHS, da figura 13, representa as cores em intensidade (medida do brilho), matiz (comprimento de onda) e a saturação (pureza da cor), nota-se que o valor da intensidade é dado pelo eixo vertical, a saturação pelo eixo horizontal e a matiz pela posição angular da base do poliedro, representada pelo hexágono. O preto, por exemplo, encontra-se no ápice do poliedro por possuir todos os valores dos eixos nulos (MATHER, 1987).

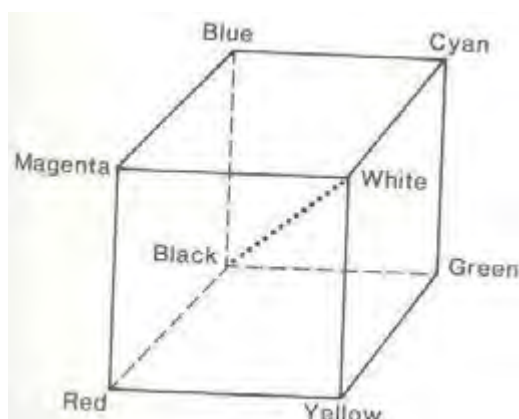


Figura 12 – Cubo de formação de cores no RGB. Fonte: Mather (1987).

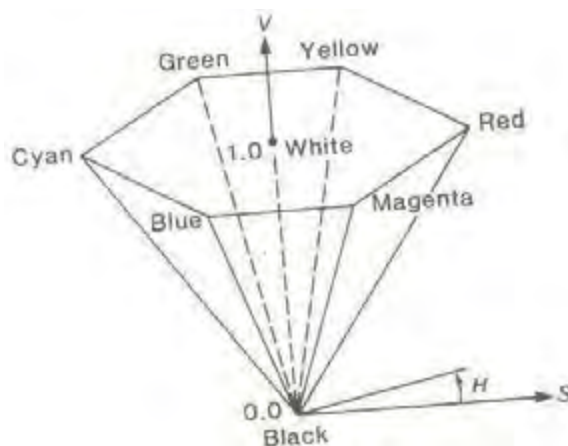


Figura 13 – Poliedro de formação de cores no IHS. Fonte: Mather (1987).

Essa transformação de espaços no âmbito visual/perceptivo possibilita a substituição do valor da intensidade das imagens multispectrais pelo valor da imagem pancromática. O

resultado gerado poderá ser revertido para o espaço RGB e apresentará melhor resolução do que as imagens multiespectrais originais (SCHOTT, 1997).

4.2.1.1.2) Brovey

É um método simples que conserva a contribuição espectral de cada pixel da imagem original, porém substitui o valor do brilho pelo da imagem pancromática. Essa substituição ocorre por meio do algoritmo visualizado na equação 1, a seguir, aplicada pixel a pixel na imagem original (KALPOMA; KUDOH, 2007).

$$CN_I = \frac{((MS + 1,0) * (PAN + 1,0) * 3,0) - 1,0}{\sum I \quad MS + 3,0} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: CN = banda de saída com a cor normalizada;
MS = banda multiespectral;
PAN = banda pancromática.

Fonte: Vrabel (2000)

O algoritmo da equação 1 separa o espaço espectral das três bandas MS em seus componentes matiz e brilho. Além disso, multiplica cada uma das três bandas MS pela imagem pancromática que possui maior resolução espacial e esses resultados são normalizados por meio da divisão da soma total das três bandas MS. Vale salientar que os valores constantes na equação são inseridos para garantir que não ocorra divisão por zero (HALLADA; COX, 1983 *apud* VRABEL, 2000).

A transformação Brovey foi desenvolvida para aumentar o contraste visual nos histogramas das imagens de diferentes tipos de resoluções a fim de proporcionar contraste nas sombras, água e áreas de alta reflexão, como áreas urbanas. As limitações encontradas nesse método são iguais às do método IHS, já que o Brovey utiliza o espaço RGB de cores (ERDAS, 1999; PINHO, 2005).

4.2.1.1.3) Principais componentes (PC)

A transformação PC consiste em produzir n novas imagens (PC1, PC2,..., PCn) a partir de n imagens brutas, sendo assim, a PC1 irá apresentar a feição espectral comum a todas as suas anteriores, a segunda imagem irá mostrar a feição mais significativa e assim por diante até a última, em ordem decrescente de quantidade de informações (LUZ *et al.*, 2009).

Segundo Kalpoma e Kudoh (2007), a fusão pelo método PC é similar ao método IHS, pois inicialmente o espaço RGB é convertido à PC1, PC2 e PC3. O PC1, por conter a maior quantidade de informações presentes das bandas, será substituída pela PAN. Após isso, o espaço é reconvertido para o RGB.

4.2.1.1.4) Gram-Schmidt (GS)

Segundo Luz *et al.* (2009) o método GS é baseado em rotações e translações do conjunto original de atributos. Como produto da simulação, tem-se uma banda de alta resolução obtida por bandas de baixa resolução. O GS baseia-se na ortogonalização de vetores espectrais provenientes das imagens e permite a produção de uma imagem a partir de várias bandas utilizadas simultaneamente (LU *et al.*, 2004).

Na fusão, como citado anteriormente, há a simulação de uma banda pancromática a partir das bandas multiespectrais de baixa resolução espacial. Após isso, é aplicada uma transformação GS à banda pancromática simulada e às bandas multiespectrais. A pancromática simulada é então substituída pela banda pancromática de alta resolução e uma transformação inversa é realizada para produzir a imagem de saída (PINHO *et. al.* 2005).

4.2.1.2) Detecção de mudanças

Quando se pretende analisar a variação de algum fenômeno ao longo do tempo, geralmente utilizam-se as técnicas de detecção de mudanças que oferecem subsídios para analisar dados adquiridos de maneira multitemporal. De acordo com Lu *et al.*(2004), os estudos realizados com essas técnicas permeiam diversos temas relacionados ao uso e cobertura do solo, variações em florestas e vegetações, desmatamento, regeneração e extração seletiva de madeira, alterações em ambientes úmidos, queimadas, mudanças na paisagem e no ambiente urbano, alterações ambientais incluindo monitoramento de inundações e secas, ambientes costeiros e detecção de áreas de deslizamento. Outras aplicações estão relacionadas ao monitoramento e controle de culturas e plantações, segmentos rodoviários e de transporte em geral e alteração do equilíbrio de massa glacial e fâcies.

Para obter sucesso no processo de detecção de mudanças é recomendada a aplicação das etapas descritas por Jensen (1996):

1) Alvo de estudo:

- a) Definição da área de estudo;
- b) Especificação da frequência da ocorrência do fenômeno;
- c) Identificação das classes de uso e cobertura do solo.

2) Desempenho da detecção de mudanças:

a) Considerações em relação ao sistema sensor: resolução temporal, espacial, espectral e radiométrica;

b) Considerações em relação ao meio ambiente: atmosfera, hidrosfera, litosfera e organismos.

3) Processamento de imagens:

a) Obtenção de dados: i) levantamentos em campo ou *in situ*, ii) Sensoriamento remoto;

b) Pré-processamento de dados: i) correção geométrica, ii) correção radiométrica;

c) Seleção de algoritmo/técnica de detecção de mudanças apropriada;

d) Aplicação de classificação de imagens, se necessário: i) supervisionada, ii) não supervisionada, iii) híbrida;

e) Avaliação do desempenho da técnica de detecção de mudanças: i) uso de matrizes de detecção de mudanças, ii) geração de mapas de mudança, iii) cômputo de dados estatísticos.

4) Garantia de qualidade e controle do programa:

a) Avaliação da precisão estatística: i) classificação individual dos dados, ii) produtos da detecção de mudanças.

5) Distribuição dos resultados:

a) Produtos digitais;

b) Produtos analógicos.

4.3) Ações de monitoramento de riscos em dutos

Devido à ocorrência de acidentes, alguns programas estratégicos foram criados a fim de estabelecer procedimentos de controle, intervenção e demais ações de monitoramento que possam mitigar ou prevenir esses riscos. Como resultado desses programas, pode-se citar o "Padrão para a Gestão de Integridade Estrutural dos Dutos da Petrobras" ou simplesmente "Padrão" que é um documento que visa priorizar ações de monitoramento, controle e intervenção, fixando preferencialmente nove itens, descritos a seguir (TERZIAN, 2005):

1) Análise de riscos: o duto é subdividido em trechos homogêneos tendo em vista sua classificação quanto ao tipo de ambiente e as diferentes classes de ocupação populacional.

2) Corrosão interna: define diretrizes para gerenciamento, avaliação, monitoramento e controle, já que esta é a principal forma de desgaste dos dutos. Os dados são fornecidos por relatórios periódicos oferecidos por um instrumento chamado de

Pig instrumental e monitorados através de provadores de corrosão, coleta de resíduos na passagem de *Pigs de limpeza* e amostragem do produto transportado.

- 3) Corrosão externa: define diretrizes para avaliar e controlar a corrosão externa dos dutos. A proteção externa dá-se de duas maneiras: revestimento externo que isola o duto do meio e a proteção catódica, que é a injeção de corrente elétrica no duto com retorno desta para o solo.
- 4) Análise geológica-geotécnica: estabelece critérios e rotinas para o mapeamento, classificação, inspeção, monitoramento, intervenção, manutenção e gerenciamento geológico-geotécnico ao longo das faixas de dutos.
- 5) Ação de terceiros: estabelece recomendações e critérios para orientar as providências a serem tomadas quanto às ações de terceiros, como órgãos públicos, entidades, fazendas, comunidades, invasões, obras, acessos, etc. que podem interferir na faixa de dutos.
- 6) *Pig instrumentado*: estabelece as características básicas e diretrizes para seleção, frequência e usos de *pigs instrumentados* na inspeção de dutos.
- 7) Análise de descontinuidade e danos: apresenta procedimentos de avaliação e critérios gerais para a análise de danos encontrados nos dutos e qual o tratamento recomendado para cada caso.
- 8) Reparo de contingência: define técnicas do tipo definitivo ou provisório para realizar reparos de contingência das condições operacionais de dutos comprometidos.
- 9) Teste hidrostático: estabelece condições mínimas exigíveis para o planejamento e preparação de testes que visam à requalificação de dutos existentes para diferentes condições operacionais e averiguação de resistência mecânica e de estanqueidade após a execução dos reparos.

Sabendo que as atividades de mineração podem utilizar técnicas de extração que vão desde o uso de explosivos até a movimentação de grandes quantidades de massa por meio de veículos pesados, torna-se importante o monitoramento desses locais quando localizados próximos a faixas de dutos, a fim de que seus impactos não comprometam a integridade dos mesmos.

5) MATERIAL E MÉTODOS

Nos itens descritos a seguir serão especificados os materiais e a metodologia utilizada no presente trabalho.

5.1) Material

Os materiais estão descritos no quadro 3, a seguir.

Quadro 3 – Materiais utilizados.

Tipo	Descrição	Detalhes	Fonte
Imagem de satélite	Satélite: IKONOS; Data: Fevereiro/2002.	Coordenadas UTM do retângulo envolvente (Fuso 23S): X1: 662532; X2: 675004; Y1: 7503243; Y2: 7486251. Resolução: 4m MS e 1m PAN.	SPACE IMAGING.
Imagem de satélite	Satélite: Geoeye; Data: Novembro/2009.	Coordenadas UTM do retângulo envolvente (Fuso 23S): X1: 660145; X2: 676196; Y1: 7486421; Y2: 7503412. Resolução: 0,5 m MS e 0,5 m PAN (Fusão).	GEOEYE. (Base para o registro)
Imagem de satélite	Satélite: Geoeye; Data: Fevereiro/2010.	Coordenadas UTM do retângulo envolvente (Fuso 23S): X1: 659987; X2: 676238; Y1: 7486490; Y2: 7503709. Resolução: 0,5 m MS e 0,5 m PAN (Fusão).	GEOEYE.
Carta topográfica	Folha: Vila Militar; Código: SF-23-Z-B-IV-3 Data: 1966	Formato: Digital/Raster; Escala: 1:50.000.	DSG ¹ .
Mapa temático	Áreas requeridas para mineração. Data: 2010.	Formato: Digital/Vetor;	DNPM ² (2010).
Mapa	Unidades Geomorfológicas do Estado do Rio de Janeiro. Data: 2000.	Formato: Digital/Raster; Escala: 1:400.000.	CPRM ³ (2000).
Mapa	Unidades do Relevo do Estado do Rio de Janeiro. Data: 2000.	Formato: Digital/Raster; Escala: 1:400.000.	CPRM ³ (2000).
Mapa	Sistemas de Relevo do Estado do Rio de Janeiro. Data: 2000.	Formato: Digital/Raster; Escala: 1:250.000.	CPRM ³ (2000).
Carta	Carta Geológica do Brasil ao milionésimo; Folha: SF.23; Data: 2004.	Formato: Digital/Vetor; Escala: 1:1.000.000.	CPRM ³ (2004).
Mapa	Traçado Faixa de Dutos (Rio – Belo Horizonte).	Formato: Digital/Vetor; Escala: 1:30.000.	Transpetro ⁴ .
Mapa	Área dos municípios.	Formato: Digital/Vetor; Escala: 1:500.000.	IBGE ⁵ (2007).

¹Diretoria de Serviço Geográfico; ²Departamento Nacional de Produção Mineral; ³Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil; ⁴A Petrobrás Transporte S.A. Transpetro; ⁵Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

5.2) Métodos

Os métodos utilizados estão exemplificados na figura 14 e descritos ao longo etapas a seguir.

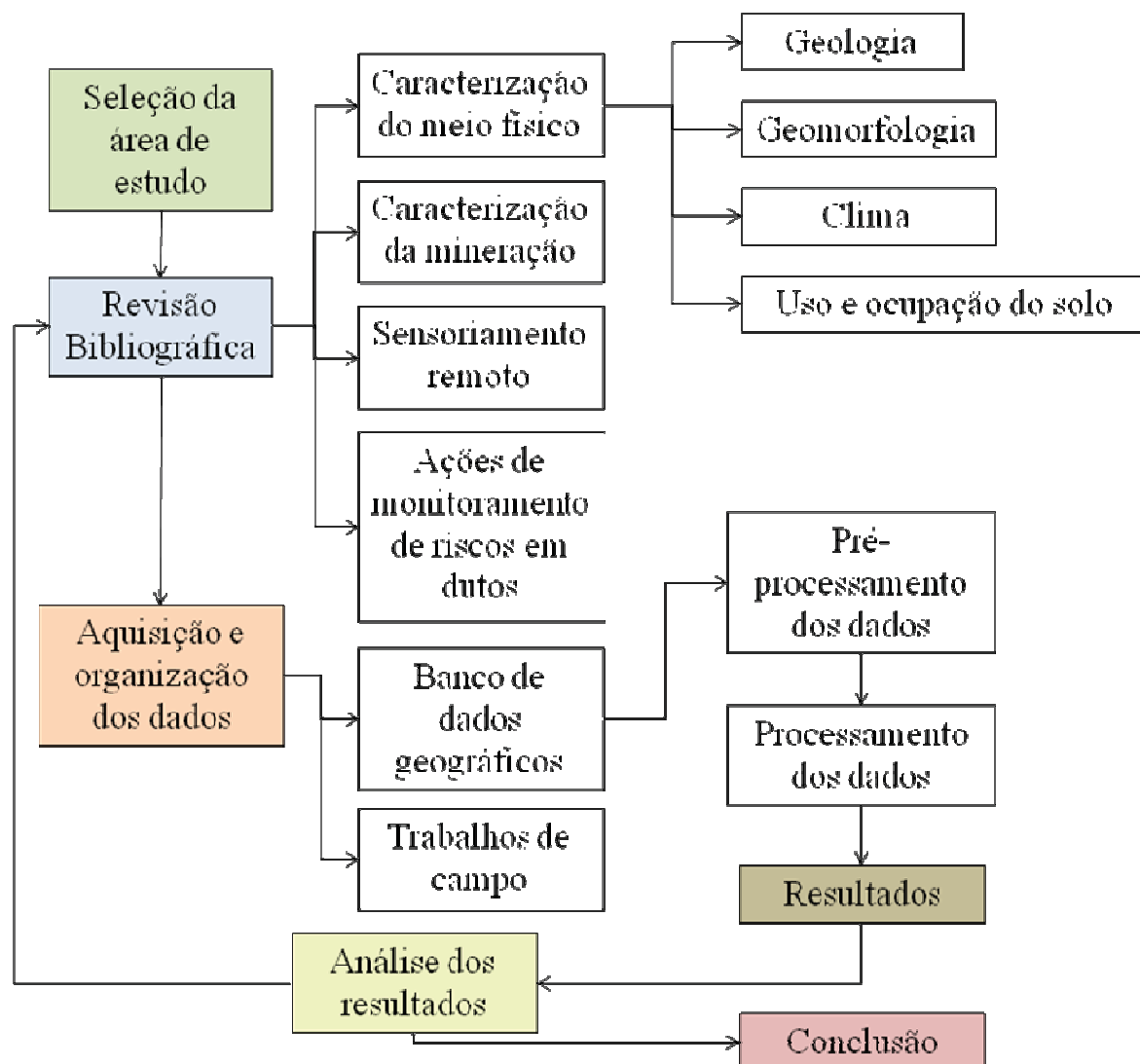


Figura 14 – Fluxograma das etapas de trabalho.

5.2.1) Aquisição e organização dos dados

5.2.1.1) Banco de dados geográficos

As ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento em imagens integram um conjunto chamado por Sistema de Informação Geográfica (SIG). Segundo Moreira (2005), o SIG apresenta duas características principais. A primeira delas é que permite inserir e integrar,

em um único banco de dados, informações espaciais provenientes de diversas fontes, por exemplo: cartografia, imagem de satélite, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de rede, e de Modelo Numérico de Terreno (MNT). A segunda é que oferece mecanismos para manipular os dados através de algoritmos, bem como favorece a realização de consultas, recuperação, visualização e plotagem.

Sendo assim, para o presente trabalho, realizou-se um banco de dados geográfico a fim de concatenar as informações e agrupá-las de uma maneira tal que facilite seu acesso e possibilite o estabelecimento das análises. Dentre os SIG's utilizados para essas atividades estão: ArcGis, o Spring, o IDRISI, entre outros. Neste trabalho, foi utilizado o ArcGis 9.3.1(ESRI, 2009).

Nessa etapa foi realizada também, a digitalização da Carta topográfica Vila Militar/FUNDREM, conforme quadro 1, no que tange à vetorização de componentes como: curvas de nível, pontos cotados e hidrologia.

5.2.1.1.1) Pré-processamento dos dados

O pré-processamento as imagens permeia a correção geométrica, também chamada de ortorretificação e/ou registro de imagens e a correção atmosférica. Além disso, como a área de estudo era composta por duas partes, foi realizado o mosaico de imagens, que consiste na junção das mesmas a fim de que se tornem apenas uma.

5.2.1.1.1.1) Ortorretificação e/ou registro de imagens

Geralmente os dados provenientes dos sistemas sensores estão sujeitos a dois tipos de erros, os sistemáticos e os não sistemáticos. Jensen (1996) define os sistemáticos como: ângulo da varredura, velocidade do espelho de imageamento, distorção de panorama, velocidade da plataforma, rotação da Terra e perspectiva. Os não sistemáticos, para o mesmo autor, são a altitude e a posição. Vale salientar que certos erros podem ser corrigidos por meio do histórico de dados e do conhecimento da distorção do sensor, ou por meio da aquisição de pontos de controle. Os pontos de controle são pontos identificáveis, que possuem as mesmas coordenadas em relação à superfície da Terra e ao mapa.

Sendo assim, a correção geométrica de uma imagem dá-se, simplificada, pela planificação da imagem por meio do processo chamado de ortorretificação. Esse processo ocorre por meio de uma relação matemática existente entre os pontos de controle e a imagem.

O modelo de correção geométrica ($\mathfrak{I}$) relaciona um *pixel* (l, c) da imagem bruta com um ponto da superfície representativa da Terra $(\phi, \lambda, H)_{\text{mod}}$, ou seja, do elipsóide de revolução (Eq.2). O elipsóide utilizado é derivado de um elipsóide em um determinado *datum* (ex.: SAD-69, WGS-84) acrescido de uma determinada altitude H , que pode ser a altitude média da região representada pela imagem (COSTA *et al.*, 2007, p.828).

$$\mathfrak{I}(l, c) = (\phi, \lambda, H)_{\text{mod}} \quad (\text{Eq. 2})$$

O registro de uma imagem ocorre por meio de transformações relacionadas à translação e rotação de uma imagem de maneira que ela se ajuste a uma imagem já ortorretificada. A realização desse processo é semelhante ao descrito anteriormente, e ocorre por meio da identificação de pontos de controle entre a imagem a ser registrada e a imagem de referência e a aplicação de um modelo matemático computacional (JENSEN, 1996).

5.2.1.1.1.2) Correção atmosférica

De acordo com Jensen (1996), a correção atmosférica pode ser desprezada em estudos relacionados ao uso e ocupação do solo, já que os alvos como solo, vegetação, água e fenômenos urbanos são definidos e apresentam diferenças mensuráveis em relação aos fenômenos atmosféricos. Além disso, o autor enfatiza que o ideal é que a área possua 0% de nebulosidade, entretanto, imagens com até 20% de nebulosidade podem ser aceitáveis.

5.2.1.1.2) Processamento das imagens

O processamento das imagens é representado, neste trabalho, pela aplicação das técnicas de fusão e da técnica de detecção de mudanças.

5.2.1.1.2.1) Detecção de mudanças por interpretação visual

Para a realização da detecção de mudanças foi utilizada a técnica conhecida por interpretação visual. Essa técnica consiste na interpretação visual e identificação de áreas que representam as minerações, por meio de padrões de textura, cor, tamanho e forma. A extração das informações é manual, realizada diretamente sobre as imagens digitais das duas datas consideradas e depende principalmente da experiência do intérprete. Entretanto, como desvantagens dessa técnica pode-se citar o alto consumo de tempo e a dificuldade em atualizar os resultados (LU *et al.*, 2004).

5.2.1.2) Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram efetuados no período de 29 de agosto de 2010 a 1 de setembro de 2010, para a checagem das áreas delimitadas nas imagens. Com o objetivo de verificar se os polígonos extraídos correspondiam efetivamente a áreas de extração mineral. O campo foi realizado com a utilização de veículos terrestres e complementado por vôo de helicóptero.

6) RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram divididos em pré-processamento e processamento de dados e a discussão permeou a ocorrência das feições, a alteração da extensão das feições, a análise da proximidade das feições ao poliduto e a associação da ocorrência das feições às características do meio físico.

6.1) Resultados

6.1.1) Pré-processamento dos dados

Nessa etapa, foram realizadas as atividades iniciais de processamento das imagens das duas cenas escolhidas, explicitadas no quadro 4, a seguir:

Quadro 4 – Dados nominais dos sensores ópticos.

Cena	Data	Satélite	Sensores ópticos	Bandas	Resolução espectral (μm)	Resolução espacial (m)	Tamanho das cenas (km)
01	Fev. 2002	Ikonos	MS	1	0,44 - 0,51	4	11,3
				2	0,50 - 0,59		
				3	0,63 - 0,69		
				4	0,75 - 0,85		
			Pan	Pan	0,52 - 0,92	1	
02	Fev. 2010	Geoeye	MS	1	0,45 - 0,51	1,65	15,2
				2	0,51 - 0,58		
				3	0,65 - 0,69		
				4	0,78 - 0,92		
			Pan	Pan	0,45 - 0,80	0,41	

Fonte: GEOEYE, 2010.

Como o presente estudo está inserido em um projeto, a cena base para o registro de todas as imagens foi realizada por outro integrante da equipe, para isso, foi elaborado um modelo digital de elevação a partir de cartas topográficas 1:10.000, com equidistância de 5m.

A utilização desse método fundamenta-se na obtenção de pontos de controle mais confiáveis e precisos do que a utilização do modelo de elevação Topodata (RIEDEL *et al.*, 2009). A partir do registro da cena base, cada integrante registrou uma cena de uma data específica, dessa maneira, o registro da cena 01 foi feita por outro integrante da equipe.

O pré-processamento da cena 02 iniciou-se com a realização da ortorretificação por meio do software Envi 4.7 (ITT, 2008). A ortorretificação foi realizada por meio da aquisição de amostras em locais que atendam a duas recomendações: estar ao nível do solo para evitar distorções inerentes ao ângulo de aquisição da imagem e estar distribuídos homogeneamente por toda a imagem. Para isso escolheu-se como alvo as piscinas, que atendem simultaneamente às duas recomendações. Além disso, por se tratar de uma imagem de alta resolução, os pontos de controle foram coletados a nível de pixel e somaram, para as duas partes da cena, um total de 52 pontos, como pode ser visto na tabela 1 a seguir. O princípio da ortorretificação é garantir que as imagens estejam georreferenciadas, para que seja possível detectar as mudanças encontradas ao longo do tempo. Após esse procedimento foi realizado o mosaico das duas partes da cena 02 no software ArcGis, e devido a boa correspondência com a imagem base, não foi necessário o ajuste fino.

Tabela 1 – Coordenadas Geográficas Lat/Lon, WGS-84, em graus, dos pontos de controle coletados no software Envi.

Parte 1			Parte 2	
Pontos	x	y	x	y
1.	-43,4154	-22,5905	-43,3513	-22,6320
2.	-43,4213	-22,5942	-43,3345	-22,6440
3.	-43,4163	-22,6070	-43,3321	-22,6456
4.	-43,4187	-22,6058	-43,3239	-22,6495
5.	-43,4189	-22,6059	-43,3086	-22,6641
6.	-43,4114	-22,6116	-43,3243	-22,6708
7.	-43,3865	-22,5955	-43,3071	-22,6775
8.	-43,3832	-22,6027	-43,2895	-22,6818
9.	-43,3913	-22,6056	-43,2959	-22,6832
10.	-43,4068	-22,6265	-43,2889	-22,6958
11.	-43,3932	-22,6236	-43,2896	-22,6963
12.	-43,3971	-22,6450	-43,2925	-22,6981
13.	-43,3916	-22,6415	-43,2944	-22,6973
14.	-43,3859	-22,6359	-43,3021	-22,6938
15.	-43,3710	-22,6314	-43,3024	-22,7018
16.	-43,3639	-22,6268	-43,3031	-22,7072
17.	-43,3642	-22,6182	-43,3026	-22,7086
18.	-43,3620	-22,6099	-43,3133	-22,7123
19.	-43,3862	-22,6517	-43,3124	-22,7099
20.	-43,3638	-22,6474	-43,3100	-22,7105
21.	-43,3672	-22,6736	-43,3218	-22,6920
22.	-43,3608	-22,6724	-43,3152	-22,6995
23.	-43,3578	-22,6760	-43,3173	-22,7178
24.	-43,3537	-22,6840	-43,3182	-22,7194
25.	-	-	-43,3221	-22,7176
26.	-	-	-43,3263	-22,7116
27.	-	-	-43,3347	-22,7093
28.	-	-	-43,3342	-22,7032
Erro = 2,858930			Erro = 1,983112	

6.1.2) Processamento dos dados

Como se pode aferir no quadro 4, as duas cenas são provenientes de dois satélites com diferentes resoluções espaciais e espectrais. Entretanto, como pode haver variações nesses valores, a descrição dos dados adquiridos encontra-se no quadro 3. Nota-se que para a cena 01 foi necessária a fusão da imagem, pois esta não foi adquirida previamente com fusão e possui resolução espacial inferior quando comparada com a cena 02. A imagem da cena 02, por ser adquirida já com fusão foi dispensada dessa etapa.

Como existem diversos algoritmos para a realização de fusão no software Envi, foram realizados alguns testes, em termos qualitativos, para aferir qual seria o mais eficiente na identificação do alvo desejado. Os testes, realizados em ambiente Envi, podem ser vistos no quadro 5 e as vantagens e desvantagens de cada método pode ser visto no quadro 6.

Nota-se que todos os métodos, no que se refere à melhoria da resolução espacial, apresentaram resultados satisfatórios. Sendo assim, a escolha do melhor método foi baseada na correspondência entre as cores da imagem original e as fusionadas. A análise dos resultados encontrados no quadro 5, demonstrou que o IHS apresentou os piores resultados. Isso pode ser explicado pela variação de cores no matiz (hue) que ocorre no momento da fusão.

Os demais métodos apresentaram resultados coerentes. Entretanto, o GS mostrou melhor qualidade na visualização do alvo desejado, pois aliado ao processo de contraste, a imagem mostrou uma melhor definição das bordas por apresentar uma visualização mais clara.

Em termos quantitativos, nota-se pela tabela 2, que o método GS mostrou-se com um valor superior de correlação média (0,612) em relação à imagem original, contribuindo assim para a sua escolha.

Tabela 2 – Valores médios de correlação entre imagens originais e fusionadas. Fonte: Riedel *et al.* (2010).

Método	Correlação média
	IKONOS
IHS	0,577
Brovey	0,511
Principais componentes	0,519
Gram-schmidt	0,612

MÉTODOS	IKONOS	Detalhe
(Multispectral colorida, sem fusão)		
IHS		



Brovey

Principais Componentes (PC)

Gram – Schmidt (GS)

Quadro 6 – Vantagens e desvantagens dos métodos de fusão IHS, Brovey, PC e GS.

Métodos	Vantagens	Desvantagens
IHS	Amplamente utilizado por ser considerado eficiente e de fácil implementação (SCHOTT, 1997; PINHO <i>et. al.</i> 2005).	Processamento limitado por apenas três bandas por vez e imagem de saída limitada a uma resolução radiométrica de 8 bits (SCHOTT, 1997; PINHO <i>et. al.</i> 2005).
Brovey	Método simples que conserva a contribuição espectral de cada pixel da imagem original (KALPOMA; KUDOH, 2007).	Mesmas limitações da IHS (PINHO <i>et. al.</i> 2005).
Principais Componentes (PC)	Pode-se utilizar mais de três bandas simultaneamente para o processamento e mantém a resolução radiométrica original.	A cobertura radiométrica da banda pancromática sobre as demais bandas interfere significativamente no resultado final.
Gram – Schmidt (GS)	Pode-se utilizar mais de três bandas simultaneamente para o processamento e mantém a resolução radiométrica original.	A cobertura radiométrica da banda pancromática sobre as demais bandas interfere significativamente no resultado final.

Ainda nessa etapa, realizou-se a digitalização dos limites das minerações encontradas para poder observar as modificações existentes na área de estudo. A fim de facilitar a identificação dos alvos, foi criado um quadro-chave para estabelecer os critérios de extração citados anteriormente, que pode ser vista no quadro 7, a seguir:

Imagem de satélite (Geoeye ou Ikonos – Composição		Elementos de reconhecimento		Descrição		Tipo de cobertura	
		Tonalidade: média a clara.	Áreas sem construções e sem vegetação.		Solo exposto.		
		Cor: branco, amarelo, laranja e vermelho.					
		Textura: homogênea e intermediária.					
		Padrão: não sistemático.					
		Tamanho: médio a grande.					
		Tonalidade: média a escura.	Reservatórios, barragens de rejeitos e lagoas.		Água.		
		Cor: cinza, marrom, verde e branco.					
		Textura: homogênea e lisa.					
		Padrão: não sistemático.					
		Tamanho: médio a grande.					
		Tonalidade: média a clara.	Canteiro de obras, depósitos e áreas de apoio.		Edificações.		
		Cor: branco, cinza e preto.					
		Textura: homogênea a lisa.					
		Padrão: sistemático.					

Meios de transporte.	Caminhões e demais veículos de carga pesada.	Tonalidade: média a escura. Cor: marrom, preto, branco e amarelo. Textura: homogênea a lisa. Padrão: sistemático. Tamanho: pequeno.	
Equipamentos de bombeamento.	Bóias e bombas.	Tonalidade: média a clara. Cor: branco, cinza e preto. Textura: homogênea a lisa. Padrão: sistemático. Tamanho: pequeno.	

De maneira resumida, pode-se compreender que os resultados obtidos nas etapas anteriores estão descritos no quadro 8, a seguir.

Quadro 8 – Resultados da etapa de processamento de imagens.

Resultados	Quantidade	Observações
Imagens processadas	2	Realização de correção geométrica e fusão.
Shapefile dos polígonos extraídos	2	Realização de mapas comparativos.

A detecção de mudanças ao longo dos oito anos de estudo, possibilitou a obtenção dos mapas dispostos nas figuras 15 e 16, a seguir:

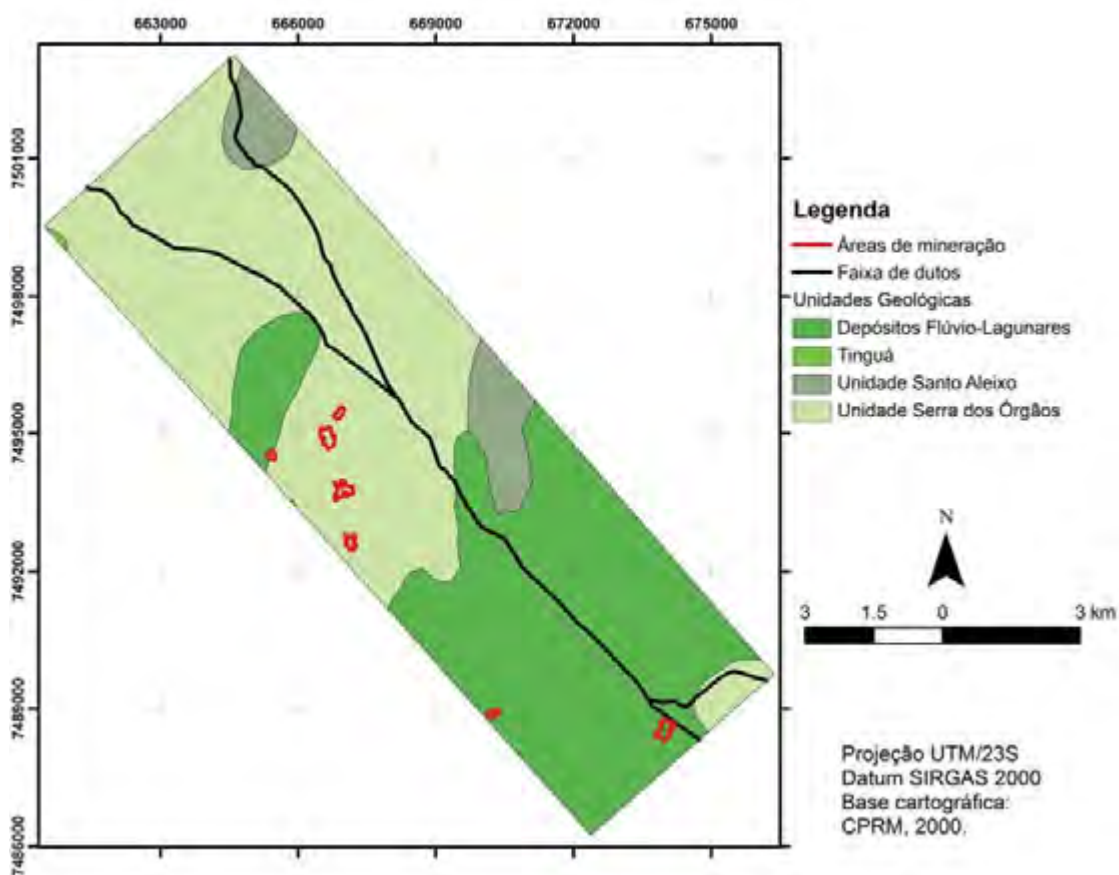


Figura 15 – Áreas de mineração no ano de 2002.

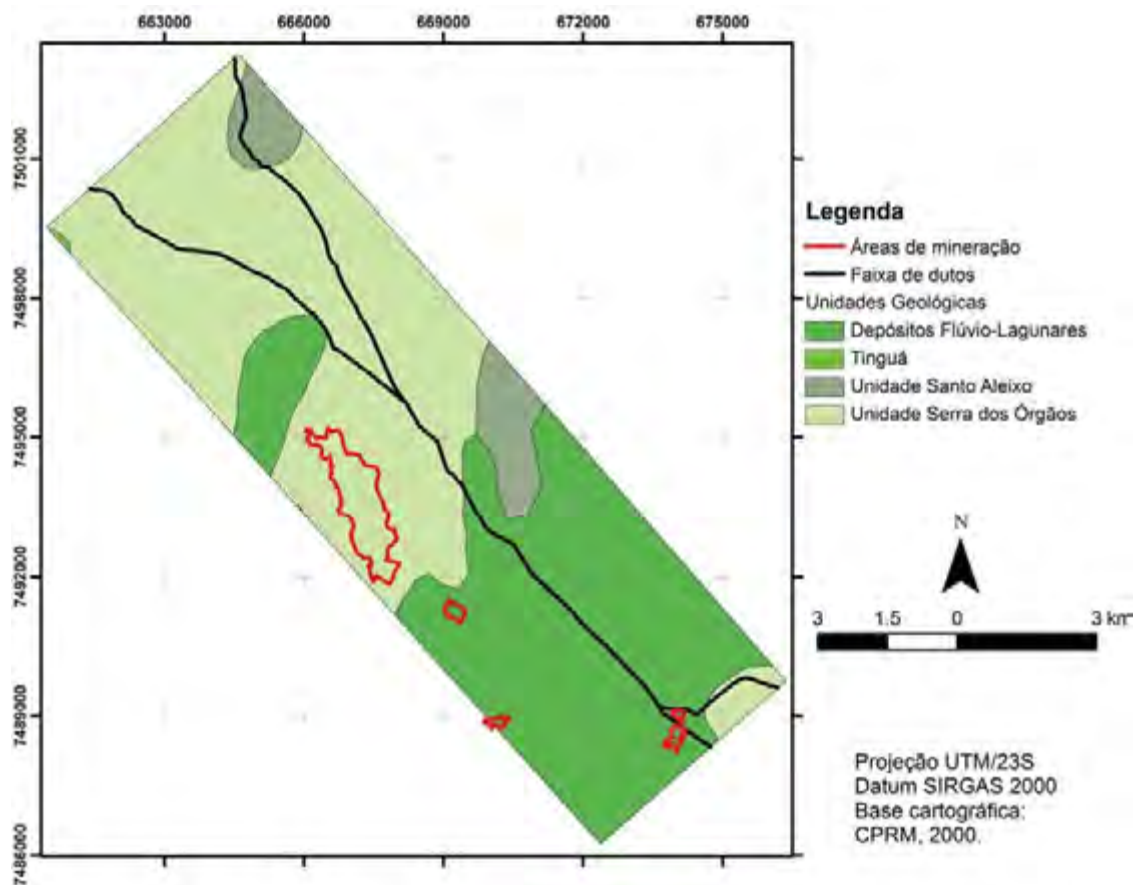


Figura 16 – Áreas de mineração no ano de 2010.

6.2) Discussão

6.2.1) Ocorrência das feições

Tanto em 2002 como em 2010, as feições situam-se nas seguintes unidades geológicas: Serra dos órgãos e Depósitos Flúvio-lagunares.

6.2.2) Alteração da extensão das feições

Inicialmente em 2002 elas aparecem de forma pontual e pouco difusa, concentrando-se na região central da área de estudo, como pode ser visto na figura 15. Em 2010, figura 16, elas se difundem pela área de estudo e apresentam dois tipos de extensão: pontual e de grande extensão, caracterizada pela incorporação de várias áreas de mineração próximas, localizadas na região central da área de estudo. Nesse ano também houve a desativação de duas minerações anteriormente encontradas no ano de 2002.

A fim de analisar o crescimento das áreas de mineração, foi realizado o mapa da figura 17. O mapa foi realizado por meio da subtração das áreas de mineração do ano de 2010 com as áreas de 2002.

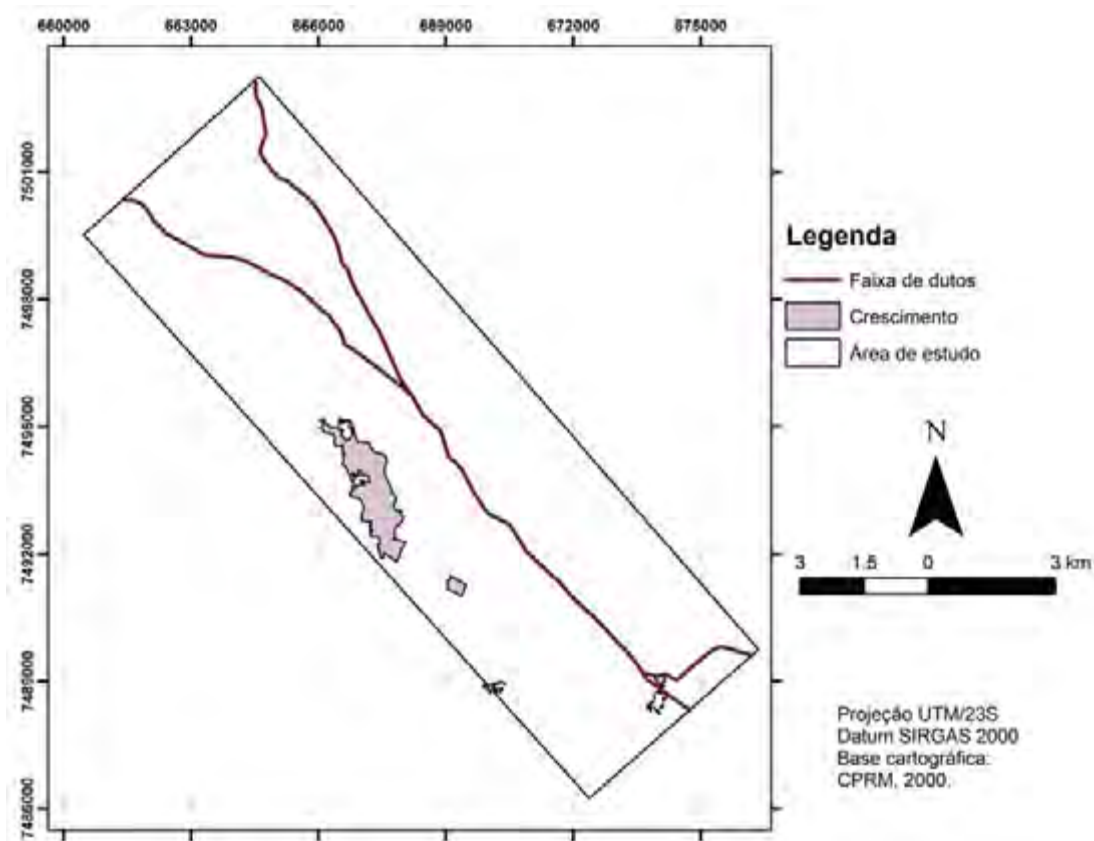


Figura 17 – Áreas de crescimento da mineração entre os anos de 2002 e 2010.

A análise quantitativa do crescimento das áreas de mineração pode ser vista na tabela 3. Por meio dela, pode-se notar que o crescimento total das áreas de mineração foi de aproximadamente 6,67 vezes.

Tabela 3 – Valores quantitativos do crescimento, em área, das minerações.

	Áreas (km²)	
	2002	2010
	0,095489	0,113852
	0,027423	0,070273
	0,052296	0,037279
	0,085223	0,119716
	0,023789	2,419079
	0,097496	-
	0,034212	-
Total	0,415928	2,760199
Crescimento		2,344271

6.2.3) *Análise da proximidade das feições ao poliduto*

Em 2002 nota-se a presença de apenas uma mineração, situada na porção inferior da área de estudo, cujo limite quase coincide com o traçado do duto. Em 2010 são duas minerações situadas próximas ao duto: instalação de uma nova mineração situada na porção inferior da área de estudo, além da permanência daquela encontrada em 2002.

6.2.4) *Associação da ocorrência das feições às características do meio físico*

Como explicitado acima, as minerações ocorrem nas seguintes unidades geológicas e respectivas litologias:

- Serra dos Órgãos: com predomínio de granitóides;
- Depósitos Flúvio-lagunares: com areia, argila e silte.

6.2.5) *Análise dos riscos associados ao tipo de extração mineral*

Para a segurança e integridade do duto, devem-se analisar também as formas de extração utilizadas pelas minerações, dessa maneira foram realizados os mapas 18 e 19. As áreas em vermelho estão inseridas, segundo o DNPM (2010), em áreas requeridas para a mineração de argila e saibro, e como são passíveis à utilização de explosivos podem ser consideradas áreas de risco em potencial.

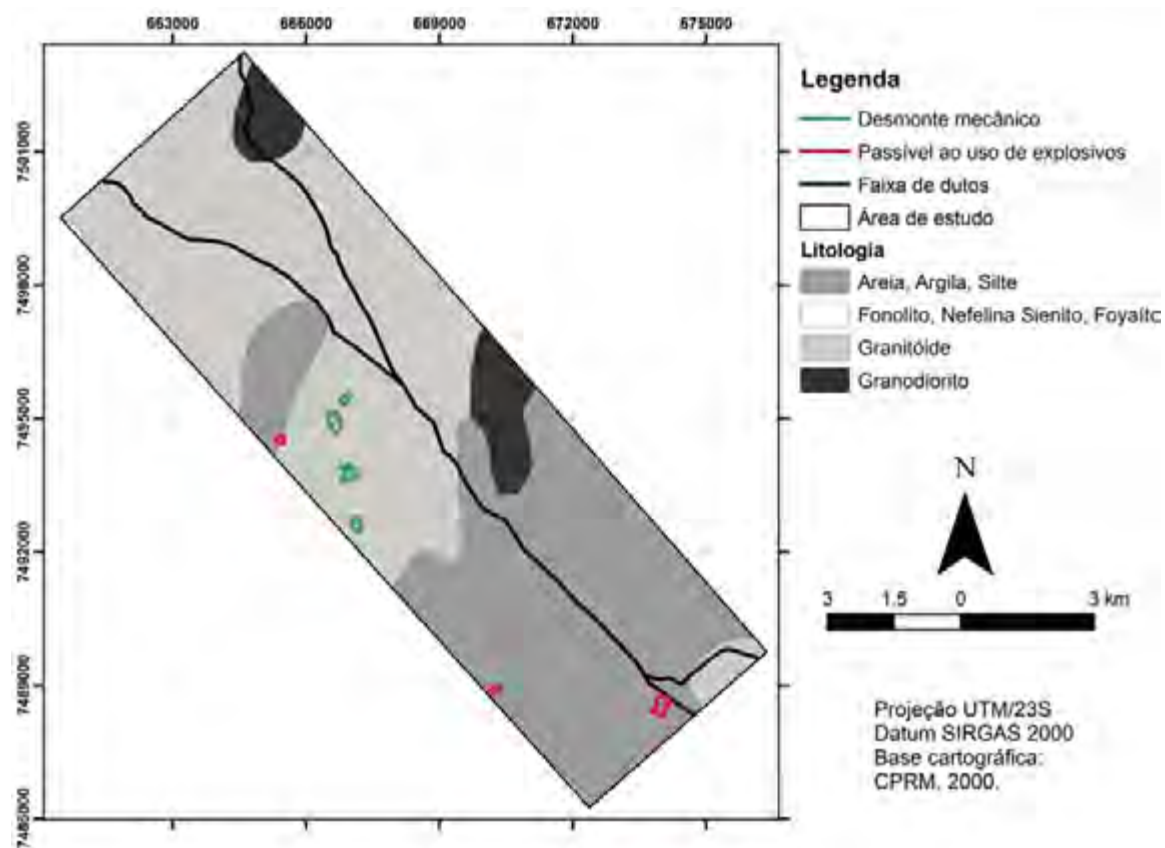


Figura 18 – Áreas de mineração do ano de 2002 e suas respectivas formas de extração.

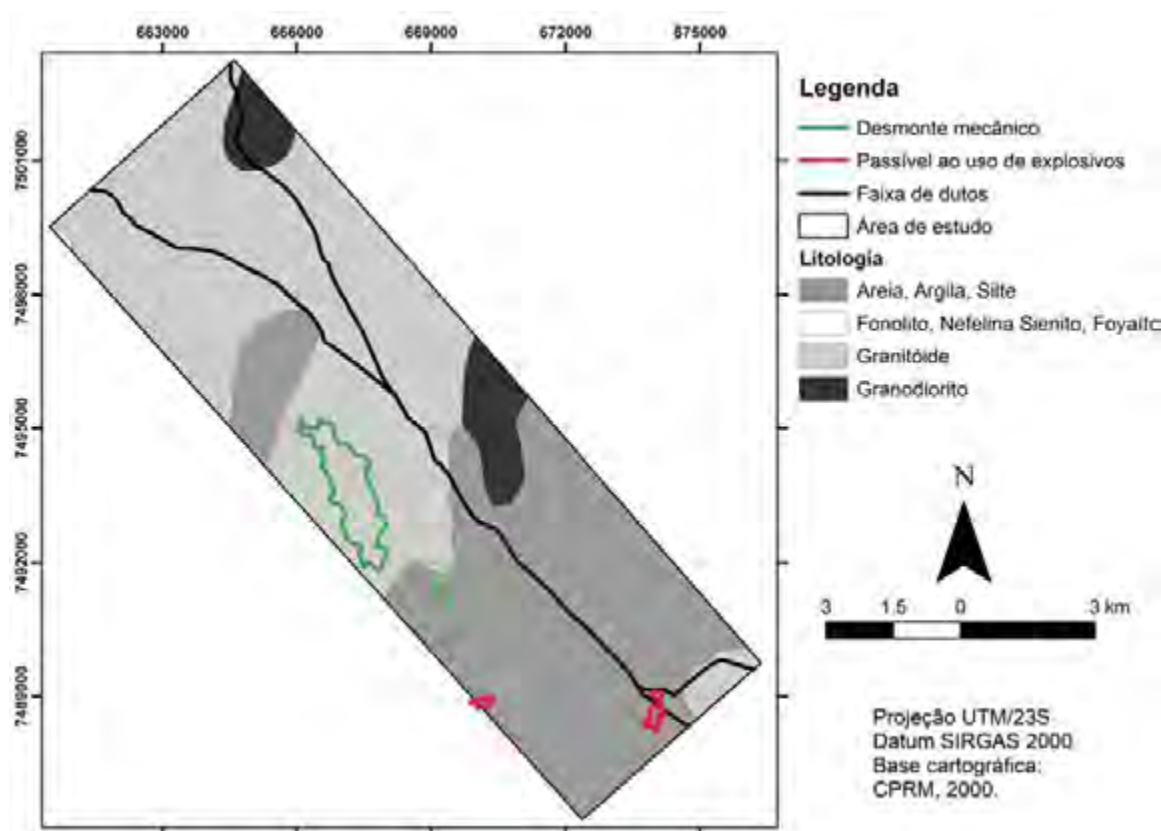


Figura 19 – Áreas de mineração do ano de 2010 e suas respectivas formas de extração.

Comparando-se a figura 18 ou 19 com a figura 6, que corresponde às áreas requeridas para mineração do DNPM, nota-se que as áreas requeridas para mineração, delimitadas pelos polígonos são mais abrangentes do que as áreas efetivas de lavras. Cabe também ressaltar que grande parte das extrações de saibro ocorrem em áreas de granito. Neste caso, não é extraído o material rochoso, mas sim o material proveniente de sua alteração intempérica.

Dessa forma, a análise dos tipos de mineração envolvidos nos anos de 2002 e 2010 deve ser pautada em interpretações visuais dos alvos, sua possível correspondência com a litologia e com trabalhos em campo para a verificação.

6.2.6) *Trabalhos de campo*

Foi realizada uma visita ao campo para aferir se as feições de mineração identificadas nas etapas anteriores condiziam com a realidade. Por essa razão, uma área anterior a realização do campo foi erroneamente classificada como mineração, como pode ser visto na

figura 20. E com o auxílio do campo, foi identificada como um local de movimentação de solo para a construção de obras civis, que pode ser vista na figura 21.



Figura 20 – Imagem de satélite Geoeye/2010 com elementos fotointerpretativos semelhantes aos das áreas de mineração.



Figura 21 – Obras civis observadas em campo.

Dessa maneira, para o ano de 2010, pode-se construir a figura 22 a seguir, que resume a situação ambiental da área, por meio da imagem de satélite Geoeye correspondente e fotos retiradas em campo nos meses de agosto e setembro de 2010.

Percebe-se que nos pontos 1 e 2 há a presença de antigas minerações que estavam presentes em 2002, porém em 2010 apenas se apresentam na forma de lagoas isoladas. O ponto 3 corresponde a uma extensa área de extração de areia, que pode ser reconhecida por lagoas adjuntas e reservatórios que contém os elementos fotointerpretativos descritos anteriormente no quadro 7. A imagem da figura 22 nesse ponto foi obtida por meio do trabalho em campo. Esse tipo de mineração não apresenta risco potencial ao duto por não utilizar explosivos em seu processo extrativo, entretanto, ao se aproximar da linha do mesmo, poderá ser prejudicial na medida em que proporciona movimentos de massa e transporte de veículos pesados.

O ponto 4, por se situar em área requerida para mineração de areia, também demonstra elementos fotointerpretativos, como bombas e bóias, descritos no quadro 7 e sua forma de extração se assemelha à aquela descrita anteriormente. Para o ponto 5, nota-se seu crescimento, em extensão, ao longo das duas datas, e por ser uma mineração de saibro, segundo o DNPM, pode apresentar riscos pelo uso de explosivos.

O ponto 6, verificado em campo, foi considerado uma antiga mineração de saibro desativa. Sendo assim é possível notar ainda solo exposto em algumas vertentes. Essa mineração, pelo tipo de extração utilizada e pela proximidade ao duto, deve ser monitorada para que não implique em riscos.

O ponto 7, situado na bifurcação das linhas de duto é a área que deve ser monitorada com maior detalhamento. Nota-se claramente que esta não estava presente no ano de 2002, como foi o caso da mineração anterior. De acordo com a imagem Geoeye correspondente ao ano de 2010, esta apresenta solo exposto que pode indicar a presença de movimentação recente de solo.

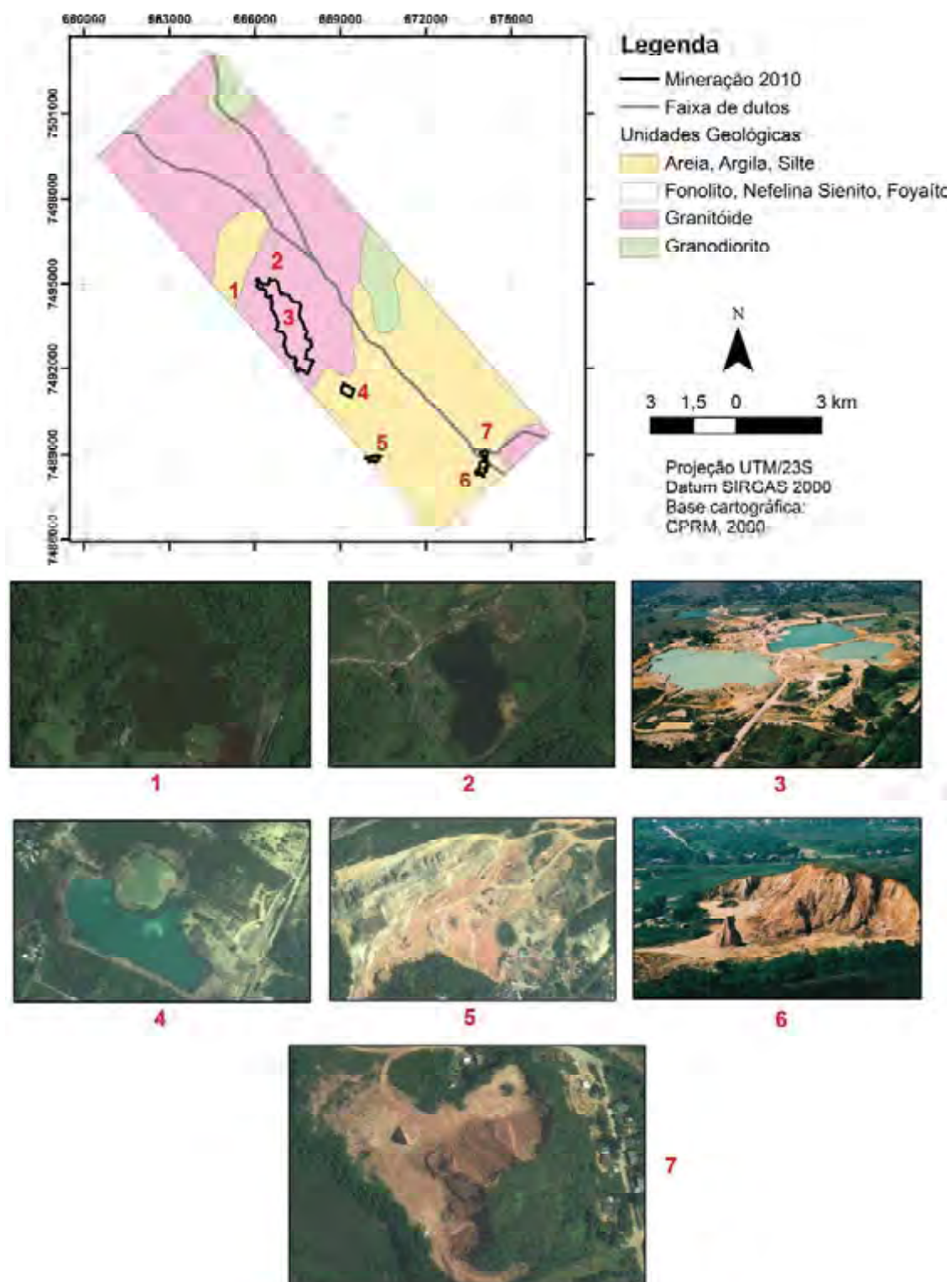


Figura 22 – Situação ambiental da área de estudo para o ano de 2010.

5) CONCLUSÕES

A realização do presente trabalho possibilitou a obtenção da situação ambiental da área de estudo no que tange às atividades de mineração. Esse diagnóstico permeou a análise de dados quantitativos e qualitativos que orientam o monitoramento das minerações. Além disso, cabe ressaltar a importância desse monitoramento próximo aos locais de passagem de polidutos, tendo em vista os impactos que podem ameaçar sua integridade.

Os tipos de mineração encontrados na área de estudo foram predominantemente areia, argila e saibro. Pode-se identificar o potencial uso de explosivos nas técnicas de extração de argila e saibro, já que são considerados materiais mais consolidados. Dessa maneira, a presença desse tipo de mineração pode implicar em riscos à segurança do poliduto, principalmente naquelas situadas na porção inferior da área de estudo.

O crescimento das áreas de mineração também foi significativo, demonstrando um aumento de aproximadamente 6,67 vezes quanto comparado as áreas de mineração encontradas no ano de 2002. Esse aumento foi ocasionado, preferencialmente, pela incorporação de várias minerações de areia adjacentes. Entretanto, como os métodos de extração de areia perfazem a retirada mecânica do material, estes não foram classificados como formas de risco ao poliduto. Apenas poderiam ser classificados como tal se a areia for proveniente de um substrato muito consolidado, como o arenito, necessitando do uso de explosivos.

Por fim, deve-se salientar a importância da atividade de campo para averiguar os dados obtidos através da técnica de análise visual. Por meio delas, pode-se aferir julgar coerentemente quais feições identificadas realmente se tratavam de atividades de mineração, além disso, pode-se identificar áreas que correspondiam a minerações desativadas e uma área considerada de risco, bem próxima à bifurcação dos polidutos.

6) RECOMENDAÇÕES

Como recomendação para futuros trabalhos pode-se sugerir a realização da avaliação da extensão das zonas de dano nas minerações encontradas, no que diz respeito às medições de velocidade de partícula e das velocidades de propagação da onda primária para determinar parâmetros de vibração. Além disso, poderão ser sugeridas melhores práticas a serem utilizadas para atenuar os efeitos dos usos de explosivos à segurança dos dutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMPLA PROJETOS E SERVIÇOS EM MEIO AMBIENTE LTDA. **Relatório de impacto ambiental:** complexo argileiro de Santa Gertrudes. Santa Gertrudes: ASPACER, 2008.

COSTA, E.R.; SILVA, M.A.O.; NEVES, P.E.; SILVA, A.J.M. Ortorretificação: um passo a mais no processamento de imagens CBERS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n.13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007.p.827-833. Disponível em: < <http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.16/doc/827-833.pdf>>. Acesso em: 10 ago.2010.

CPRM. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo, folha SF.23 Rio de Janeiro.** Brasília: Companhia de Recursos Minerais – CPR, 2004. 1 carta geológica. Escala: 1:1.000.000.

CPRM. **Projeto Rio de Janeiro.** Relatórios Técnicos. Brasília, CPRM - Serviço Geológico do Brasil Departamento de Recursos Minerais – DRM – RJ, 2000.

DNPM. Departamento nacional de produção mineral. **Sigmine.** Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br>>. Acesso em: 04 mar.2010.

ERDAS. **ERDAS Field Guide™:** fifth edition, revised and expanded. ERDAS Inc. Georgia: 1999.

ESRI – ENVIRONMENTAL SYSTEM RESEARCH INSTITUTE. **ARC/VIEW v.9.3.1** Redlands, 2009. Programa de computador. 1 DVD-ROM.

FERREIRA, M.V. **Análise das pressões do uso e ocupação da terra sobre o trecho da faixa de dutos Rio – Belo Horizonte.** 2009.18 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Impactos sociais e econômicos da regulamentação CONAMA sobre intervenção em APP sobre o setor de agregados e argilas.** São Paulo: RELTEC/MULTIGEO. 2006. Disponível em: <www.fiesp.com.br/download/mineracao.pdf>. Acesso em: 18 ago.2010.

FLORENZANO, T.G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

GEOEYE. **Imagery sources.** Disponível em: <<http://www.geoeye.com/CorpSite/products/imagery-sources/Default.aspx>>. Acesso em: 28 jun.2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital,** Escala 1:500.000. IBGE, 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm#TOPO>. Acesso em: 04 mar.2010.

ITT – Visual information solution. **Envi 4.7.** Boulder, USA.2008

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2^a ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1996. 318 p.

KALPOMA, K.A.; KUDOH, J. Image Fusion Processing for IKONOS 1-m Color Imagery. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, Michigan, v.45, n.10, p.3075-3086, 2007.

LU, D. S.; MAUSEL, P.; BRONDÍZIO, E.; MORAN, E. Change detection techniques. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 25, n. 12, p. 2365-2401, 2004.

LUZ, J.; ROSOT, M. A. D.; ROSOT, N. C. OLIVEIRA, Y. M. M.; GARRASTAZÚ, M. C. Técnicas de fusão aplicadas a imagens do satélite ALOS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009. p. 6959-6965.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: An introduction**. Chichester: John Wiley & Sons, 1987, 292 p.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3^a Ed. Viçosa: Ed.UFV, 2005. 320 p.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3^a ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2008.363 p.

PINHO, C. M. D. de; RENNÓ, C. D.; KUX, H. J. H. Avaliação de técnicas de fusão aplicadas à imagem Quickbird. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, n.12, 2005, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: INPE, 2005. p. 4225-4232. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/geu/Congressos_Simposios%20Nacionais/Carolina_XII%20SBSR_Fusao.pdf> . Acesso em: 04 jun. 2010.

RIEDEL, P.S.; FREITAS, C.; MARQUES, M.L.; GOMES, A.R.; DELANEZE, M.E.; FERREIRA, M.V.; ROSSI, E.; COSTA, N.R.; FERREIRA, R.D.; **Relatório parcial 1: avaliação de produtos de sensoriamento remoto e técnicas de detecção de mudanças para o monitoramento de riscos antrópicos em faixas de dutos - estudo de caso: duto Orbel**. Rio Claro: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – Júlio de Mesquita Filho, 2009. 91 p.

RIEDEL, P.S.; MARQUES, M.L.; GOMES, A.R.; FERREIRA, M.V.; DELANEZE, M.E.; PISANI, R.J.; ROSSI, E.; COSTA, N.R.; POLIZEL, S.P.; **Relatório parcial 2: avaliação de produtos de sensoriamento remoto e técnicas de detecção de mudanças para o monitoramento de riscos antrópicos em faixas de dutos - estudo de caso: duto Orbel**. Rio Claro: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – Júlio de Mesquita Filho, 2010. 132 p.

SCHOTT, J.R. **Remote sensing: the image chain approach**. Nova Iorque: Oxford University Press. 1997, 394 p.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T.R.; TOLEDO, M.C.M.; TAIOLI, F.; **Decifrando a Terra**. 2^a Ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. 623 p.

TERZIAN, R. L. **Conceitos e metodologias de gestão de projeto e sua aplicação ao caso da integridade da malha dutoviária**. 2005. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0311068_05_cap_05.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2010.

VRABEL, J. Multispectral imagery advanced band sharpening study. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Michigan, v.66, n.1, p.73-79, 2000.

WALD, L. Some terms of reference in data fusion. **IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing**, Michigan, v.37, n. 3, p.1190-1193, 1999.