

Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em ENGENHARIA AMBIENTAL

**SELEÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA ZONA DE
PROCESSAMENTO E EXPORTAÇÃO DE FERNANDÓPOLIS – SP UTILIZANDO
GEOTECNOLOGIA**

Igor Amedi de Moraes

Rio Claro (SP)

2011

IGOR AMEDI DE MORAES

**SELEÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA
IMPLANTAÇÃO DA ZONA DE PROCESSAMENTO E
EXPORTAÇÃO DE FERNANDÓPOLIS – SP
UTILIZANDO GEOTECNOLOGIA**

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

Orientador: Prof. Msc. Rubens Hardt

Rio Claro (SP)
2011

628.092 Moraes, Igor Amedi de
M827s Seleção de áreas potenciais para implantação da zona de
processamento e exportação de Fernandópolis - SP utilizando
geotecnologia / Igor Amedi de Moraes. - Rio Claro : [s.n.], 2011
67 f. : il., figs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia
Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas

Orientador: Rubens Hardt

1. Engenharia ambiental. 2. Áreas industriais. 3. Sistema de
Informação Geográfica. 4. Modelagem ambiental. 5. Meio ambiente. 6.
Sensoriamento remoto. I. Título.

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

IGOR AMEDI DE MORAES

SELEÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA IMPLANTAÇÃO DA
ZONA DE PROCESSAMENTO E EXPORTAÇÃO DE
FERNANDÓPOLIS – SP UTILIZANDO GEOTECNOLOGIA

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

Comissão Examinadora
Prof. Msc. Rubens Hardt (orientador)
Prof^a. Dra. Andréia Medinilha Pancher
Prof. Dr. Sergio dos Anjos Ferreira Pinto

Rio Claro, 09 de Novembro de 2011.

À DEUS pela oportunidade dada e
por estar presente em todos os
momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À minha querida Mãe Silvana e meu grande irmão Éric por todo apoio, conselhos, exemplos, e por estarem presente me apoiando nos melhores momentos da minha vida. Amo muito vocês.

À meu grande orientador Rubens Hardt, pelo apoio, pela paciência, pelas críticas construtivas e todo seu conhecimento que me ajudaram a elaborar e construir esta monografia, minha eterna gratidão.

Ao meu avô Jamil e minhas avós Linda e Maria por serem à base da minha família, dando carinho e dividindo experiências desde minha infância, influenciando diretamente na pessoa que sou.

À minha família materna, minha tia Rô e tio Lauro, e os distantes moradores do estado do Mato Grosso, Jorjão, Tia Bel, Renan, Márcia, Enzo Valentina, Nathália e Renilson pelos poucos, mas felizes, momentos em que passamos juntos nas festas de fim de ano.

Ao meu Pai Écio e Leidiane, juntamente com meus tios Celso, Gersinho e Nelsinho, e minhas tias Célia, Celi e Neuza, por terem me propiciado uma ótima infância na minha eterna cidade de Ouroeste e por todo o carinho dado.

À meu Padrinho Edson (*in memoriam*), que onde estiver, tenho certeza que está do lado de Deus me iluminando e protegendo, com a certeza de saber o tamanho da falta que faz para todos.

À meu avô Olímpio e tio Hélio (*in memoriam*), que infelizmente não conheci mas sei de tudo o que foram e como eram reconhecidos, muito obrigado pela proteção ai de cima.

À meus eternos amigos e irmãos Descalvado, Farinha, Sacra, Simpa, Precoce e Tonella, pelos grandes momentos da vida unespiana, sempre com alegria e diversão. Podem contar comigo para o que for... SEMPRE!!!

À galera da minha sala, em especial, Cinthia, Hina, Palmito, Ney, Smuf e Wilson, meus veteranos, veteranas, bixos ,bixetes e a galera dos outros cursos pelos momentos de descontração, aprendizado e pelo tempo que passamos juntos.

À minha casa, a Republica Tississinguabe e seus moradores, Salsa, Itajubá, Hondinha, Mauro, Leonel, Aron, Roberto, Dr. Andrezito e Claudinho, e os seus agregados, anexos e afins, por todos os churrascos, cervejadas, momentos de bobeira que passamos juntos. Momentos eternos, que deixarão saudades!

Aos meus amigos Thiago e Slot, minhas amigas Flavinha, Jeca, Joice, Monica, Sara e Socorro por serem minha família, pelos momentos felizes e alegres nos primeiros anos de faculdade.

À meus grandes amigos de infância e irmãos Jonathan, João Paulo, Perim, Rodrigo, Rafael, Brancão, Luís Henrique, Abel e Saulo por todas as conversas fiadas, rodas de

violão, dota, animes, mangas, enfim, por todos os momentos felizes que passamos juntos. Saudades deste tempo!

À Marilda pelos anos de dedicação e carinho, no período que trabalhou em casa.

À prefeitura da cidade de Ouroeste pelo apoio financeiro pelos cinco anos de minha graduação.

À prefeitura da cidade de Fernandópolis pelos dados fornecidos neste trabalho, e pelo estágio fornecido.

Ao Ângelo Veiga, Greicy, Sidnei, Paulo Vono, Cidinho e Laurene, integrantes da Secretaria do Meio Ambiente de Fernandópolis pela oportunidade de aprendizado. Parabenizando também pelo grande trabalho desenvolvido no município!

Aos professores da Unesp de Rio Claro que contribuíram para meu aprendizado, entre eles, Marcelo Garcia, Denis, Jairo, Marcão, Moruzzi e Navis.

Aos meus professores do colégio COC de Fernandópolis, entre eles, Clebão, Escremin, Amelinha, Herivan, Tio Raul, Pina, Zé Paulo, Cadu e especialmente ao Wilsinho (*in memoriam*), por mostrarem um jeito novo de dar aula, fazendo-as mais divertidas e alegres.

A todos os citados e os que por ventura não lembrei na hora, meu **MUITO OBRIGADO** por fazerem parte da minha vida.

RESUMO

Os benefícios resultantes da implantação de uma Zona de Processamento e Exportação (ZEPs) são muitos, abrangendo os níveis local, estadual e federal, mas muitas vezes somente os fatores socioeconômicos são levados em consideração, deixando de lado diversos outros fatores que deveriam ser analisados, como o meio ambiente. Neste contexto de industrialização e a luta pelo desenvolvimento sustentável, o presente trabalho visa incorporar a variável ambiental no processo de decisão de áreas de locação industrial, em especial, a ZPE da cidade de Fernandópolis – SP, analisando fatores físicos e ambientais como, classes de declividade, características geológica, características pedológica, e uso da terra. Seguindo uma análise multicritério de ponderação destes fatores, auxiliado por ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica), e produtos de sensoriamento remoto, como imagens do satélite CBERS e imagem SRTM, foi feita uma modelagem demonstrando as áreas de melhor aptidão para as atividades industriais, podendo auxiliar e reduzir os impactos negativos no meio ambiente que adviriam do fruto de locações mal planejadas.

Palavras-chaves: Áreas industriais, Sistema de Informação Geográfica e Modelagem ambiental.

ABSTRACT

The implementation of an Export and Processing Zone (ZEPs) brings several benefits to the local, state and federal economy, but often, only socioeconomic factors are considered, apart from several other factors that should be analyzed, such as the environment. In this context of industrialization and the struggle for sustainable development, this work propose to incorporate the environmental variable in the decision process for establishing industrial areas, in particular, the ZPE in the city of Fernandópolis, São Paulo state, Brazil, by examining several physical and environmental factors such as slope intervals, geological features, pedological factors and land use. Developed using a multicriteria analysis, a model has been elaborated, where these factors have received a proportional value according with their importance, supported by a GIS tool (Geographical Information System) and remote sensing products, such as images from CBERS satellite and SRTM radar, showing the suited areas for industrial activities, considering environmental conditions. This model may assist to take better decision about the ZPE implementation area and to reduce the negative environmental impacts that would result of poorly planned locations.

Keywords: Industrial areas, Geographic Information System and Environmental Modeling.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Arquitetura de sistema de informação geográfica.....	18
Figura 2. Localização do município de Fernandópolis.....	22
Figura 3. Área de estudo determinada pela infra-estrutura existente no município	27
Figura 4. Fluxograma da metodologia.....	30
Figura 5. Visualização 3D do mapa hipsométrico.....	31
Figura 6. Mapa de classes de declividade.....	35
Figura 7. Mapa de caracterização geológica	38
Figura 8. Mapa de caracterização pedológica	41
Figura 9. Mapa de área de APP	44
Figura 10. Mapa uso da terra	46
Figura 11. Combinação dos critérios de fatores analisados	47
Figura 12. Comparação utilizando o método AHP.....	48
Figura 13. Mapa final de aptidão industrial.....	50
Figura 14. Direções predominantes dos ventos	52
Figura 15. Mapa de aptidão com área urbana, meios de transporte e estação de tratamento ...	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo geral	13
2.2	Objetivos específicos	13
3	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	14
4	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	22
4.1	Características Gerais	22
4.2	Área de Estudo.....	24
5	MATERIAL E MÉTODOS	28
5.1	Material.....	28
5.2	Métodos	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6.1	Classes de declividade	33
6.2	Caracterização geológica	36
6.3	Caracterização pedológica	39
6.4	Classes de uso da terra.....	42
6.5	Mapa de aptidão industrial.....	47
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	55
8	BIBLIOGRAFIA.....	58
	ANEXOS.....	62
	ANEXO A – Algoritmo em LEGAL para média ponderada dos mapas.....	63
	ANEXO B – Algoritmo em LEGAL para incluir as APPs.....	66

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, ocorrida no final do século XVIII, modificou o modo de produção e a forma com que a sociedade vivia, dando maior ênfase para os processos industriais e suas formas de otimização.

A expansão das atividades industriais gerou um crescimento desordenado das cidades, causando problemas como aumento da pressão demográfica, poluição do solo, água e ar, comprometendo assim, a qualidade de vida das pessoas que vivem na região.

Neste contexto, surgiu a necessidade de um melhor ordenamento do território, sendo feito através estudos ambientais na área, gerando classes de usos do solo para cada unidade territorial referente à determinada atividade.

Com o ordenamento do território e a preocupação de evitar problemas à sociedade, surgiu a necessidade de criar aglomerados industriais como as Zonas de Processamento e Exportação.

As Zonas de Processamento e Exportação (ZPEs) caracterizam-se como áreas de livre comércio, destinadas à instalação de empresas voltadas para a produção de bens a serem comercializadas com o exterior, sendo consideradas zonas primárias para efeito de controle aduaneiro (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMERCIO EXTERIOR, 2009).

Os objetivos básicos destas áreas são atrair novos investimentos, gerar emprego e renda para a população, promover o desenvolvimento de novas tecnologias, e principalmente, aumentar as exportações.

O modelo já apresenta grande sucesso no cenário nacional, visto que, com a implantação da Zona Franca de Manaus em 1967, o estado do Amazonas saltou de 145 industriais para atingir 800 em 1977, sendo responsável por cerca de 75% do Produto Interno Bruto (PIB) do estado do Amazonas, gerando mais de 120 mil empregos diretos e indiretos (PORTAL TERRA, 2010)

Neste contexto, o governo federal pretende adotar o modelo em outras localidades do Brasil, buscando o crescimento da economia e o desenvolvimento de todas as regiões do país.

Vários municípios se inscreveram na tentativa de serem contemplados, no entanto, somente seis foram aprovados. Dentre estes, o único no estado de São Paulo se localiza no município de Fernandópolis (PRESIDENTE, 2010), e por este motivo, o presente trabalho

pretende subsidiar os estudos de locação no município, auxiliando os órgãos públicos envolvidos.

A aprovação da implantação da ZPE Paulista na cidade de Fernandópolis trará algumas vantagens para empresas instaladas como, suspensão dos impostos de importação e imposto sobre produtos industrializados (IPI), liberdade cambial (podem ou não converter em reais os ganhos obtidos nas exportações), atrair investimentos estrangeiros, promover o desenvolvimento econômico e social, entre outros (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMERCIO EXTERIOR, 2009).

Apesar do objetivo da ZPE ser o mercado externo, esta apresenta as mesmas características de implantação, mas em maiores proporções de tamanho e investimento, dos distritos industriais amplamente difundidos na maioria dos municípios do país, e por isso, o estudo proposto teve como subsidio a bibliografia relacionada a este aspecto.

Por se tratar de uma obra de grande porte, a estrutura atual do município não é suficiente, por isso, existe a necessidade de obras de infra-estrutura básica, criando novas instalações ou modernizando as existentes, e também serão construídos dois trechos de rodovia, ligando as outras duas existentes que passam ao redor da cidade, formando-se com isso, um anel viário, que irá facilitar o fluxo de veículos destinados a ZPE e prevenindo problemas a população da área urbana.

A obra trará benefícios também para o município, ocorrendo um grande desenvolvimento, tanto de caráter econômico, como de caráter social, tendo um crescente aumento populacional nos primeiros anos de funcionamento.

Com isso, varias estratégias de uso e ocupação do solo devem ser adotadas, desde a área para a implantação do projeto, como prováveis áreas para expansão populacional e também o aumento da malha viária do município, oferecendo mobilidade de entrada e saída de veículos.

O estudo da área de implantação deve ser feito analisando as características físicas da área, visando avaliar as melhores condições para a sua realização, evitando-se com isso, problemas ambientais prováveis devido à atividade antrópica causados pela obra.

A análise deve levar em consideração vários fatores, como, susceptibilidade do terreno a atividades industriais, estudo das bacias hidrográficas, presença de APPs, declividade, geologia, pedologia, entre outros.

Existem muitas formas de se estudar as características físicas de um ambiente que sejam adequadas para uma determinada atividade antrópica. No presente trabalho foi utilizado

um software SIG, pois, o volume de informação e o processamento desta, tornam difícil a realização deste tipo de estudo sem o apoio de ferramentas automatizadas.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos. Tais dados representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação, e indispensável para analisá-la (CÂMARA et al., 1996).

A utilização de SIGs para a gestão estratégica de um município esta cada vez mais presente, visto que, possibilita englobar informações, permitindo-se obter uma visão geral da situação.

No Presente trabalho, o SIG utilizado foi o software SPRING (5.1.8), que conta com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica, consulta a banco de dados espaciais, entre outras.

O SPRING foi escolhido para a realização do estudo, pois opera como um banco de dados geográficos sem fronteiras e suporta grande volume de dados sem limitação de escala, projeção e fuso, mantendo a identidade dos objetos geográficos ao longo de todo banco.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Propor uma área que seja ambientalmente viável para a implantação da ZPE da cidade de Fernandópolis – SP, analisando, principalmente, as características físicas relevantes do meio ambiente, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e produtos de sensores remotos, tendo os aspectos sócio-econômicos como complementares nas considerações.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar, através de levantamento bibliográfico, os aspectos ambientais considerados mais relevantes para o planejamento da expansão industrial;
- Fornecer subsídios para a tomada de decisão sobre implantações, tanto para a ZPE como para qualquer outra atividade do setor industrial;
- Elaboração de mapas temáticos com as características físicas mais relevantes, como, geologia, pedologia, uso da terra, declividade e APP, demonstrando as características da área e suas singularidades;
- Desenvolver uma técnica de análise de dados visando a ZPE, utilizando geoprocessamento, apontando as contribuições desta técnica para as administrações municipais;
- Demonstrar a utilidade de produtos de sensores remotos e softwares de distribuição gratuita, como as imagens CBERS e dados altimétricos do SRTM, na análise ambiental.

3 EMBASAMENTO TEÓRICO

O conceito de Sustentabilidade definido como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades das gerações atuais sem que isso comprometa o suprimento das necessidades das gerações futuras (RELATÓRIO, 2007), está cada vez mais difundido na sociedade atual, por isso, há uma necessidade de pesquisas, análises e planejamento para uma melhor utilização do meio ambiente.

Segundo Cavalcanti (1997), uma sociedade sustentável é fundamentada no reconhecimento de limites biofísicos colocados, incontornavelmente, pela biosfera no processo econômico, obrigando a economia a operar em sintonia com os princípios da natureza.

Neste sentido os valores culturais da sociedade se tornam um fator importante para o conceito, a fim de estabelecer uma relação de produção equilibrada entre o homem e a natureza, garantindo a qualidade ambiental e a qualidade de vida das pessoas com o meio ambiente.

Existem vários problemas devido ao uso excessivo dos recursos presente no meio ambiente, entre eles, uma expansão urbana muito rápida e conseqüentemente irregular, implantação de áreas industriais em meios sensíveis, entre outros.

O processo de expansão urbana, na maioria das vezes, ocorre de maneira inadequada devido a diversos fatores socioeconômicos, avançando sobre áreas desaconselháveis ou inclusive inadequadas a qualquer tipo de ocupação (MULLER, 2009).

O autor ainda diz que quando uma expansão urbana não vem acompanhada de um planejamento que inclua as diversas características físicas do local, afeta diretamente a relação entre sociedade e meio ambiente, surgindo com isto, os problemas ambientais, como, supressão de áreas verdes, desencadeamento e aceleração de processos erosivos, assoreamento de corpos d'água, enchentes, poluição, entre outros.

Em Áreas industriais o problema é maior, devido ao alto grau de perigo de alguns reagentes e processos de empresas. Com essa preocupação, Soares (2002) discorre que a escolha da localização para unidades industriais deverá harmonizar diversos fatores, respeitando as características físicas, políticas e socioeconômicas de uma dada região, a fim de conciliar os diversos interesses envolvidos, desenvolvendo um modelo de avaliação

multicritério para localização industrial, que se aplica em um município, abrangendo os interesses dos investidores, juntamente com o ordenamento do território.

Nota-se que o estudo para um adequado uso do meio ambiente não é tão simples, pois cada um possui características únicas, envolvendo muitas variáveis, como, o tipo do empreendimento, as características físicas do local, no entanto, as avaliações multicritérios permitem que estas variáveis sejam estudadas e comparadas, garantindo resultados únicos em relação ao meio ambiente em questão.

Infelizmente, na prática nem sempre ocorre à harmonia entre as características físicas, políticas e socioeconômicas, dando-se maior importância a diversos fatores, muitos deles políticos e estruturais, deixando de lado o meio ambiente.

No contexto de atividades industriais, o trabalho realizado por Soares (2002) incorporou a variável ambiental no processo de decisão, avaliando os fatores socioeconômicos mais importantes para locações industriais e a forma com que estes atuam no meio, sendo que estes fatores utilizados foram acessibilidade, mão-de-obra, inércia industrial, infra-estrutura e equipamentos terciários.

Segundo Baretta (2007) as indústrias, bem como as demais atividades, procuram a localização, tamanho e parcela de local que maximize lucros ou satisfação. Seguindo nessa linha, a autora diz que geralmente as indústrias se alocam próximas de grandes centros urbanos, ou junto de fontes de matérias primas, quando estas não são facilmente transportáveis.

Como forma de evitar os problemas citados, deu-se a necessidade de fazer uma gestão ambiental a fim de reavaliar os critérios utilizados para os diversos usos do ambiente, prevendo-se com isto, problemas ambientais e sociais.

A gestão ambiental assume o papel de instrumento básico para o desenvolvimento sustentado em ecossistemas territoriais, ou seja, possibilita apropriar o conhecimento indispensável à realização do planejamento ambiental do território, repousando-se sobre novos conceitos relativos à organização dos espaços (MORENO & LITHOLDO, 1998).

O planejamento ambiental é uma técnica de gestão ambiental muito utilizada no contexto atual, sendo que dentro deste, o ordenamento do território é a prática mais difundida.

Périco & Cemin (2006) afirma que no processo de ordenamento do território, existe a necessidade de fundamentar uma análise para identificar as estruturas invariantes e fixar classes de usos do solo para cada unidade territorial na tentativa de estabelecer um arranjo espacial racional das diferentes atividades.

Neste contexto de diferentes arranjos para as atividades realizadas pelos homens, no que diz respeito às indústrias, surgiram os aglomerados industriais ou distritos industriais.

Em um cenário ideal, Graedel (1994) estabelece uma ligação entre os ecossistemas naturais e o conjunto de atividades industriais, denominados ecossistemas industriais como norteador da otimização da utilização de materiais, desde a matéria-prima virgem até a disposição final de resíduos pelas indústrias.

Périco & Cemin (2006) afirma que na decisão de locais mais aptos para distritos industriais, é uma decisão entre varias alternativas possíveis, tendo como base alguns critérios, sendo estes uma base mensurável e avaliável para uma decisão, podendo construir uma restrição ou um fator. Uma restrição é quando um critério limita as alternativas na análise, e um fator é um critério que acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa.

Segundo Moreno & Litholdo (1998) na escolha de cenários potenciais para locações industriais, faz-se necessários estabelecer critérios de indução e de restrição à ocupação do território, resgatando assim, a compreensão de características físicas (pedologia, declividade, geologia e uso do solo) e seus elementos na tentativa de adequar o território as devidas atividades.

Na avaliação desses cenários, verificou-se a aptidão de cada fator físico em gerar um risco para o meio ambiente (impacto ambiental ou degradação). A metodologia de ponderação desses impactos proposta pelo autor dá-se em virtude de sua restrição, como as áreas inaptas para a locação industrial, entre elas, áreas com até 30 metros de rios, com declividade maior ou igual a 45° (CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO, LEI FEDERAL N° 4.771/65 e a resolução do CONAMA 303/02), de várzea, de recarga de aquíferos e menores do que 20 ha. Após a definição das restrições, ocorreu a ponderação através de indicadores, onde o número 1 indicava as áreas possíveis de ocupação e o número 0 indicava as áreas restritivas. Com o auxílio de um software, o autor gerou um mapa final através de uma modelagem, onde apresentava uma escala de ocupação espacial devido a atividades industriais.

A geração de um mapa final onde apresenta as áreas adequadas para implantação industrial é uma forma bem didática de se apresentar o resultado do presente trabalho, além disso, o trabalho de Moreno & Litholdo (1998) também contribui para se ter base de quais são as áreas restritivas presente no município de Fernandópolis.

Existem vários estudos no campo científico para relacionar os parâmetros ideais com a escolha de uma boa localidade, como proposto por Périco & Cemin (2006) que sugeriu um

modelo espacial de localização de um distrito industrial no município de Lajeado – RS. Este modelo avaliou quatro critérios, que foram as áreas de preservação permanente (APPs), as áreas de uso restrito (AUR), a mata nativa e a área urbana, sendo que em cada um deles, levou-se em consideração, a declividade, a rede viária, uso e cobertura do solo, geologia e pedologia.

Os parâmetros adotados para relacionar cada elemento de um meio servem como referência para avaliar a área, ou selecionar uma melhor área para se implantar um projeto industrial. A geologia e a pedologia servem para ver se o terreno possui uma boa viabilidade em relação ao porte do empreendimento, a declividade, para se ter uma base do tamanho do ajuste que terá que ser feito para uma boa locação, entre outros fatores que o estudo em questão não mencionou, como profundidade do lençol freático, que se não for profundo, em caso de acidente pode contaminar toda uma bacia hidrográfica.

O estudo proposto por Périco & Cemin (2006) seguiu a mesma linha de outros já mencionados, em relação à escolha de áreas restritas e atribuição de uma valoração para estas. A diferença para este é que ocorre uma avaliação separada de cada restrição em virtude de suas características físicas, e para tal finalidade, deu-se a necessidade da geração de um Modelo Digital de Elevação (DEM) através da interpolação das curvas de nível pelo módulo TIN (Triangular Irregular Network) e um classificador de imagem de satélite, como a máxima verossimilhança.

Para o presente trabalho, essas ferramentas utilizadas e citadas acima, facilitam e direcionam o conhecimento geral do município de Fernandópolis, destacando os usos de ocupação do solo e a visualização da declividade do terreno, determinando assim, as restrições e aptidões de certos locais para locação industrial.

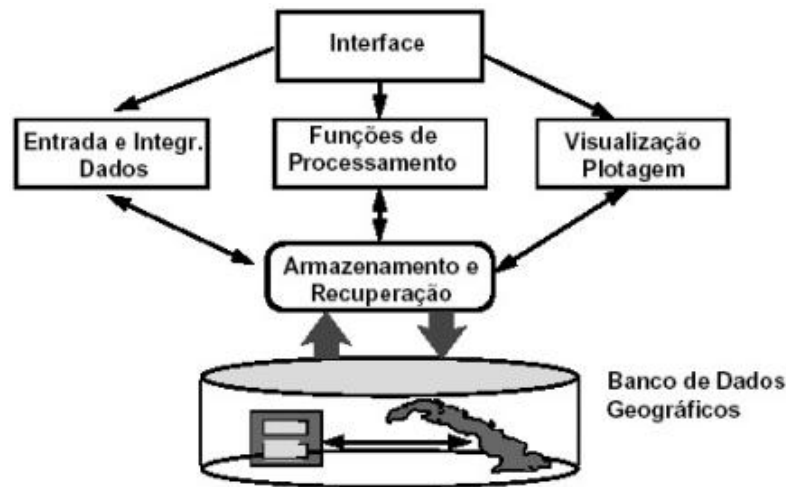
Sendo assim, há a necessidade de selecionar um método em que integre esses parâmetros e forneça resultado para uma melhor decisão da área a ser implantada. Essa tomada de decisão é fundamental para se prevenir um futuro impacto ambiental negativo.

De acordo com a pesquisa bibliográfica inicial, a análise multicritério das áreas do município de acordo com sua ocupação, levando em consideração a pedologia, geologia, declividade, proximidade de corpos d'água e uso do solo são parâmetros importantes para locações industriais, necessitando assim, de uma ferramenta que relacionam estes a fim de produzir resultados confiáveis.

Uma ferramenta para o auxílio da execução da metodologia proposta e que gera excelentes resultados em um período curto de tempo é a utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Um SIG é composto por vários componentes (Figura 1), entre eles, interface com os usuários, entrada e integração de dados, funções de processamento, visualização e plotagem, armazenamento e recuperação de dados (CÂMARA et al., 1996).

Figura 1. Arquitetura de sistema de informação geográfica



Fonte: (CÂMARA et al., 1996)

De acordo com sua eficácia, Pires et al. (1996):

“justifica o emprego de tecnologia SIG no âmbito do Planejamento pela possibilidade de uma avaliação mais sistêmica e menos empírica de uma determinada área geográfica, ainda permitindo realizar análises interdisciplinares abrangentes, interativas e flexíveis na modelagem de dados espaciais, demonstrando ter grande aplicação em trabalhos de estudo de impacto ambiental, planos diretores, planejamento ambiental, entre outros”.

A utilização de SIG para estudos ambientais já acumula alguns anos de experiência, mas apenas recentemente análises relacionadas a empreendimento que afetam o meio ambiente tem sido contempladas. A introdução de rotinas de apoio a decisão possibilita uma maior flexibilidade em análises de impacto, aptidão ou viabilidade, permitindo o estabelecimento de margens de risco para uma determinada decisão (BARETTA, 2007).

Os SIGs, que também compõem o geoprocessamento, permitem o armazenamento através de banco de dados, o tratamento e a análise das informações dos Planos de

Informações (PI's), visando à maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativa ao espaço geográfico (CÂMARA, 1995).

A identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal contou também, com o auxílio do SIG, que possibilitou a manipulação de dados temáticos e cartográficos, a partir dos quais foram definidos parâmetros para a exclusão e inclusão de áreas potenciais à instalação de aterros (ANDRADE, 2000).

Em geral, os estudos para locações de aterros os situam nas proximidades de áreas industriais, pois ambos possuem certo nível de rejeição com comunidades próximas além de serem potenciais causadores de impactos ambientais, como contaminações de lençóis freáticos e geração de odores, devido a possíveis acidentes no sistema, ou em virtude de locações ruins.

Os SIGs também são úteis na elaboração de cartas temáticas, como o trabalho desenvolvido por Valério Filho (1998) que desenvolveu cartas para o uso do solo, cobertura vegetal, geologia, recursos hídricos e áreas urbanas, e com isso, obteve-se a localização de áreas que possivelmente poderiam ocorrer descartes de resíduos a céu aberto e pontos de lançamento de esgoto doméstico e industriais clandestinos.

Seguindo esse processo, Carvalho et al. (2005) desenvolveu mapas temáticos de vulnerabilidade ambiental à instalação de um novo distrito industrial de Passo Fundo. O processo se deu através do processamento vetorial de imagens orbitais, gerando mapas de hidrografia, uso da terra, limite do município, declividade, ventos predominantes, distância da zona urbana e geológico. As classes citadas são justificadas pelo autor devido estarem relacionadas com áreas industriais.

Ainda atuando no contexto de áreas industriais, Baretta (2007) utilizou-se de fotografias aéreas, imagens de satélites, integração de dados geológicos-geotécnicos, entre outros, como base para analisar as áreas selecionadas para seu estudo, adotando parâmetros relacionados com a geologia, relevo, recursos hídricos, geotécnica, áreas de inundação, drenagens, direção dos ventos, densificação de propriedades, cobertura vegetal e distâncias em relação à sede municipal.

Assim como a utilização de imagens de satélites, a análise dos ventos predominantes é um fator que foi abordado pela autora que apresenta uma importância relevante para o município de Fernandópolis, pois, com a emissão gasosa proveniente das indústrias e

dependendo da direção do vento, pode-se ocorrer o deslocamento desses gases para a mancha urbana, causando assim, problemas com a comunidade.

A utilização de imagens derivadas de satélites está cada vez mais difundida, em especial, as que podem ser adquiridas gratuitamente, como as imagens do satélite CBERS para pessoas que moram no Brasil.

O programa CBERS (China Brazil Earth Resources Satellite) deu-se através de uma cooperação entre o Brasil e a China que objetiva a observação da terra. Neste foram lançados dois satélites tecnicamente idênticos (CBERS 1 e 2), sendo o primeiro em 1999 e o segundo em 2003, sendo que neste, encontra-se o sensor CCD (High Resolution CCD Cameras) muito utilizado para identificação da cobertura do solo (www.cbbers.inpe.br).

Seguindo essa linha, Almeida et al. (2009) realizou o diagnóstico do uso e ocupação do solo na microbacia do Riacho Maracajá através de imagens CBERS, utilizando-se de classificadores automatizado e auxiliado por técnicas de realce visual, como o contraste.

No presente trabalho torna-se inviável a classificação do uso do solo através de classificadores automatizados, pois, com o uso destes existe a necessidade de validação dos resultados. Com isto, a classificação se dará através de interpretações visuais das imagens CCD, auxiliadas pela imagem do sensor HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução) pertencente ao satélite CBERS-2B lançado em 2007.

Ainda referente às imagens gratuitas, tem-se as imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) que representa o relevo, latitude, longitude e altitude em três dimensões espaciais (x, y, z) (CARVALHO, 2007).

As aplicações mais utilizadas das imagens SRTM é a visualização das feições do solo e gerações de cartas temáticas, conforme realizou Desidério et al. (2007), que mapeou as unidades geomorfológicas através dos padrões regionais, auxiliados por cartas de declividade, hidrologia e hipsometria geradas a partir das imagens SRTM.

No presente trabalho, a geração de mapas temáticos, principalmente os que fazem referência para locações industriais, facilita o entendimento da situação atual do município para sua avaliação, servindo como base de estudos para futuros projetos na área.

A aplicação de SIG's dentro do cenário municipal vem crescendo nos últimos anos, pois fornece um banco de dados com a situação real, além de ser facilmente atualizado, auxiliando no planejamento e ordenamento dos diversos setores.

Nesta linha de raciocínio, Domingues (2008) ressalta a importância dos municípios possuírem técnicas capazes de disponibilizar informações atualizadas sobre o território

municipal, garantindo segurança nas tomadas de decisão e no cumprimento de objetivos e metas estabelecidos pela administração.

Dias et al. (2004) utilizou técnicas de geoprocessamento para um planejamento do município de Volta Redonda – RJ, criando subsídios para o poder público direcionar políticas habitacionais, indicando as áreas vocacionais que propiciem uso compatível ao seu potencial, sem sujeitá-las a riscos ambientais como enchentes e desmoronamentos.

O uso do geoprocessamento em nível municipal permite mapear os recursos hídricos, as áreas de preservação ambiental, bem como a expansão urbana e a estrutura fundiária rural (LOBO, 2000).

Por esse motivo, o presente trabalho utilizará geotécnicas através do SPRING para estruturar o banco de dados da prefeitura de Fernandópolis, e com isso, ajudar na análise e embasamento para futuras decisões sobre viabilidade ambiental da área estudada.

O SPRING, assim como os SIGs em geral, apresenta recursos para manipulação de diferentes tipos de dados, gerando bons resultados em diferentes escalas, projeções e cores. Possui ainda vantagens como utilização gratuita, simplicidade de operações, versão em português e, por contemplar uma linguagem de programação voltada para a álgebra de mapas (Linguagem LEGAL), permite a modelagem de diversos cenários, como por exemplo, para a escolha de zonas industriais.

O auxílio da ferramenta LEGAL possibilita a combinação dos diferentes mapas temáticos (álgebra de mapas) juntamente com sua ponderação (valor de importância), resultando em um mapa final. Este mapa é a representação visual da viabilidade da locação de um distrito industrial, sendo o produto final deste presente trabalho, e sendo dividida em viabilidade alta, média ou baixa.

A ponderação dos mapas temáticos dá-se através do Analytic Hierarchy Process (AHP), que é um método de suporte a decisão, que gera um algoritmo em linguagem LEGAL através da comparação par a par entre os PIs selecionados, e disponível no SPRING.

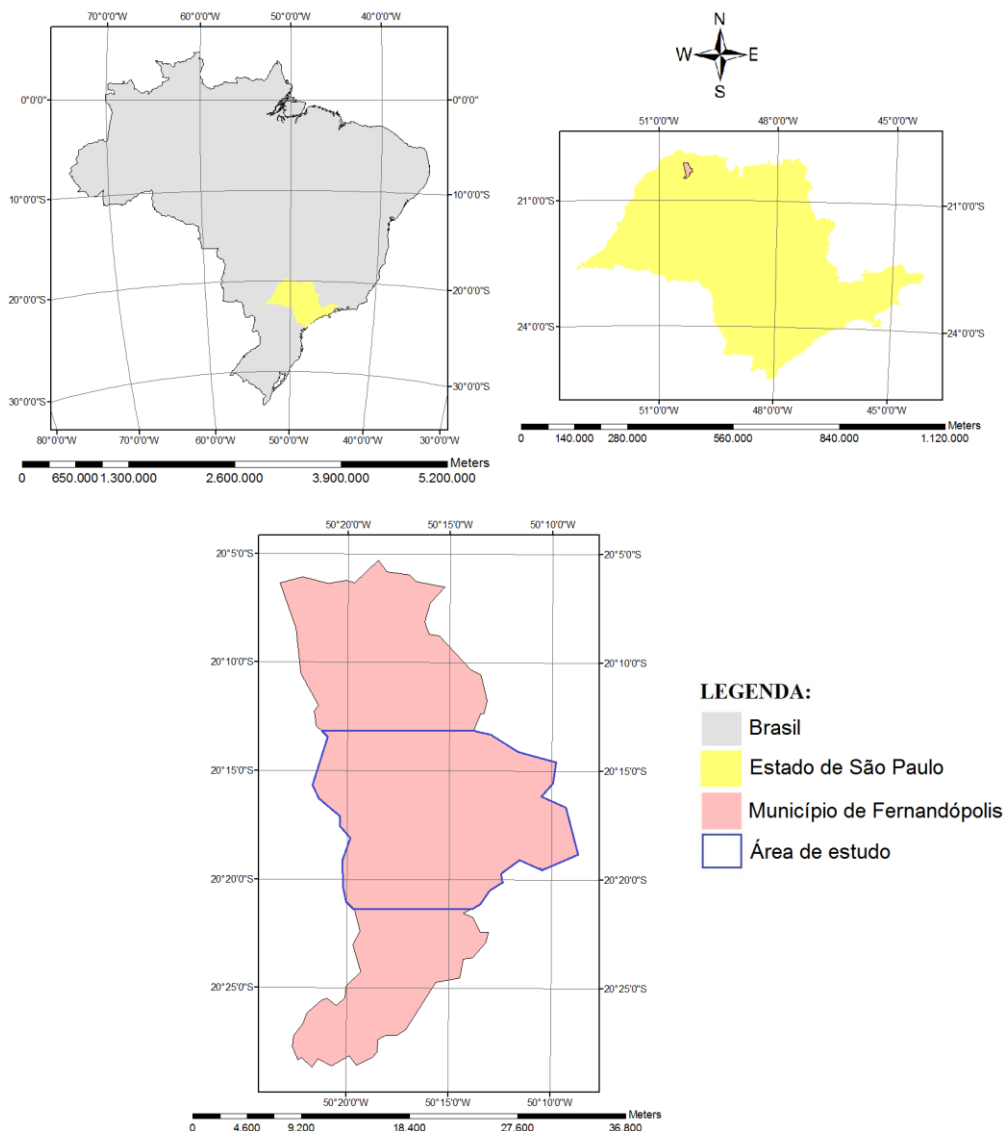
Com os diversos trabalhos dá para se ter uma base de como outros pesquisadores realizaram seus estudos relacionados com áreas industriais, e estes servirão de base para o presente trabalho, abordando os pontos positivos e adequando das características para a escolha da área da implantação da ZPE da cidade de Fernandópolis.

4 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

4.1 Características Gerais

O município de Fernandópolis está localizado na região noroeste do estado de São Paulo (Latitude $20^{\circ}17'02''\text{S}$ e Longitude $50^{\circ}14'47''\text{W}$), numa distância de 555 km da Capital, 120 Km da cidade de São José do Rio Preto, 80 km da divisa com o Estado de Minas Gerais e 85 Km da divisa com o Estado de Mato Grosso do Sul, abrangendo uma área de 550 Km², com altitude máxima de 550 metros e mínima de 350 metros (Figura 2).

Figura 2. Localização do município de Fernandópolis



A economia de Fernandópolis - SP está relacionada com a atividade agropecuária, comercial, industrial e pelo setor de serviços.

O setor agropecuário é a principal base da economia, pois com a sua renda, ocorre a movimentação dos demais setores. A produção agrícola do município em sua maioria é de culturas temporárias, destacando-se a cana-de-açúcar, e culturas permanentes, como a laranja.

A atividade industrial do município está em constante crescimento, devido a criações de vários distritos industriais, que são favorecidos principalmente pela rodovia SP-320 Euclides da Cunha, entre outras. A implantação da ZPE na cidade irá favorecer ainda mais o crescimento do setor.

A população estimada é de 64.696 habitantes (Censo de 2010), sendo a população urbana em torno de 62.714 habitantes e a população rural de 1982 habitantes. O índice de desenvolvimento humano (IDH) gira em torno de 0,832 (dados de 2000), indicando um bom índice de desenvolvimento, pois o valor Máximo de IDH é 1,0. O IDH-Renda é 0,758, o IDH-Longevidade é 0,847, e o IDH-Educação é 0,891.

No que se refere ao saneamento básico, à rede de esgoto municipal atende 98% dos domicílios (60% corresponde à bacia do córrego Santa Rita, onde ocorre o tratamento pelo sistema Australiano (Lagoa de Tratamento), o restante corresponde à bacia do córrego da Aldeia), e a rede de água atende a 94,4% dos domicílios, sendo que estimativas apontam para 100% até 2015. A coleta de lixo atende a 95,5% dos domicílios, sendo o lixo doméstico depositado em aterros sanitários, serviço este, realizado por uma empresa terceirizada (FERNANDÓPOLIS, 2004)

O município possui clima tropical semi-úmido com inverno seco e verão chuvoso, com precipitações medias em torno de 1362 mm. A temperatura média mínima é de 17 °C e máxima de 33,5° C, ocorrendo grandes oscilações durante o ano (FERNANDÓPOLIS, 2002).

A vegetação encontrada é típica de Mata Tropical semi-caducifólia, possuindo enclaves de cerrado com estepe e zonas de tensão ecológica (contato entre tipos de vegetação) e floresta estacional semidecidual. Também observa-se a presença de vegetação nativa como a floresta estacional semidecidual primária, floresta estacional semidecidual secundaria, floresta estacional secundaria ribeirinha, floresta paludosa, floresta com característica de transição mata-cerrado, agrupamento arbóreo e árvores isoladas (DEPRN, 2001 apud PREFEITURA, 2004).

As formações geológicas encontradas de superfície são do Grupo Bauru (Formações Adamantina e Santo Anastácio – Cretáceo Superior), Formação Serra Geral (Cretáceo

Inferior) e Sedimentos Quaternários (Cenozóico). Sendo que 96% do município é composto pela formação Adamantina, 2% pela Formação Santo Anastácio, 1% pela Formação Serra Geral, seguido de 1% de Sedimentos Quaternários (IPT, 1981).

A respeito da pedologia, ocorre o predomínio de Argissolos, que estão subdivididos em PVA1 (Argissolos Vermelhos-Amarelos – apresentando horizonte A moderado, textura arenosa média, ocorrendo em relevo suavemente ondulado e ondulado) e PV 10 (Argissolos Vermelhos – apresentando horizonte A moderado, vermelhos distróficos, textura arenosa média, ocorrendo em relevo relativamente plano). Os Gleissolos e Latossolos aparecem em determinados locais e de forma reduzida (OLIVEIRA et al., 1999).

A geomorfologia está enquadrada à Unidade Morfoestrutural denominada Bacia Sedimentar do Paraná, onde apresenta em toda sua área feições de relevo condizentes com a Unidade Morfoescultural denominada Planalto Ocidental Paulista. Na porção norte, é caracterizado por colinas amplas e baixas, altimetria entre 450 e 550 metros, declividades dominantes entre 10 a 20% e fragilidade potencial baixa. Enquanto que na porção sul, é caracterizado por colinas amplas e baixas, altimetria entre 350 e 450 metros, declividades dominantes entre 10 a 20% e fragilidade potencial média (ROSS & MOROZ, 1997).

O município possui uma hidrografia bastante recortada, não ocorrendo à presença de um rio de grande porte. Os principais corpos d'água são o córrego da Estiva, córrego Santa Rita, córrego Barreirão, córrego da Lagoa e ribeirão Pádua Diniz localizados ao norte; córrego das Pedras e ribeirão São Pedro a leste; córrego Santa Rita, córrego da Taboa, córrego Lageado e ribeirão Jagora a oeste; e por fim, rio São Jose dos Dourados localizado ao sul (FERNANDÓPOLIS, 2004).

Os corpos d'água localizados ao norte e o córrego das Pedras a leste do município fazem parte do Comitê da Bacia Hidrográfica Turvo/Grande (CBH - TG), apresentando-se o rio Grande, como principal rio da bacia. No Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São José dos Dourados (CBH - SJD), onde têm o próprio rio São José dos Dourados como principal rio da bacia, sendo constituído pelos corpos d'água que localizam-se a oeste e o ribeirão São Pedro.

4.2 Área de Estudo

Para a instalação da ZPE na cidade de Fernandópolis, existe a necessidade de um conjunto de fatores físicos e socioeconômicos que contribuam para uma boa locação, como,

acessibilidade, mão-de-obra, inércia industrial, infra-estrutura básica e equipamentos terciários (SOARES, 2002).

A acessibilidade trata-se da facilidade de locomoção com segurança de veículos e pessoas de um determinado local para outro, com segurança. Em uma atividade todas as etapas do processo produtivo são importantes, desde o fluxo de empregados até a circulação de matéria prima e produtos finais.

A estrutura viária presente no município abrange principalmente a rodovia SP-320 Euclides da Cunha, que tem início na rodovia SP-310 Washington Luís, indo até a divisa com o estado de Mato Grosso do Sul.

O município também apresenta outras rodovias secundárias, interligando-se com as cidades mais próximas, como a Vicinal Carlos Gandolfi que vai até a cidade de São João das duas Pontes, a SP- 543 Rodovia Percy Waldir Semeguini que vai até a divisa com o estado de Minas Gerais, a SP-527 Rodovia do Café que liga até o município de Macedônia e a Rodovia Vicinal Prefeito Carlos Stuqui que liga até a cidade de Pedranópolis.

Devido ao fato da SP-320 cortar a malha urbana da cidade, uma possível sobrecarga de veículos ocorrerá pelo aumento de veículos destinados a ZPE, causando com isto, diversos problemas para a população local. Visando atenuar esse conflito e interligar as vias atuais, existe o projeto de construção de dois trechos de asfalto, ligando a SP-320 a Vicinal Carlos Gandolfi, formando-se um anel viário passando ao redor de toda malha urbana.

A mão-de-obra local destinada à atividade está relacionada com a parcela da população ativa e de desempregados do município, e por isto, existe a necessidade da locação estar próxima ao aglomerado urbano, pois além de favorecer a locomoção dos empregados, também reduz despesa e tempo das empresas com o transporte.

O fator representado pela inércia industrial refere-se à proximidade de outros aglomerados industriais existentes, que demonstra condições adequadas de locação e trabalhadores adaptados ao setor.

A existência de infra-estrutura básica próxima é outro fator importante, pois tem-se como benefício a redução de custos. As infra-estruturas mais importantes para uma atividade industrial é rede de abastecimento de água, drenagem de águas residuais, rede de distribuição de energia elétrica, rede de distribuição de gás, rede de comunicações e ponto de coleta de resíduos sólidos.

Em sua maioria, o município já apresenta bem desenvolvido os serviços citados anteriormente, como por exemplo, rede de esgoto que vai até uma Estação de Tratamento de

Esgoto (ETE), rede de abastecimento e fiações elétricas. O maior problema relaciona-se à coleta de resíduos sólidos, pois o município não possui um aterro sanitário apto para receber estes resíduos, fazendo com que estes sejam enviados para outros aterros na região, gerando gastos devido à disposição e transporte.

Como último fator para uma boa locação, tem-se os equipamentos terciários e serviços de apoio que são as estruturas presentes no município, como, transporte ferroviário, aeroportos, corpo de bombeiros e unidades básicas de saúde.

A ferrovia que passa dentro do município é a Linha-Tronco – Km 339,573 que vai até a cidade de Araraquara. A linha é usada atualmente para o transporte de cargas, no entanto, o transporte de pessoas não existe mais, sendo uma forma mais segura e barata de se transportar produtos derivados de atividades industriais.

O aeroporto municipal se localiza próximo a malha urbana e não apresenta atividade regular, devido seu tamanho e estrutura. O transporte de matéria prima e de pessoas por vias aéreas é outra forma de deslocar o fluxo da malha rodoviária, mas para isto, é necessário realizar uma reforma e adequação do aeroporto para os devidos fins.

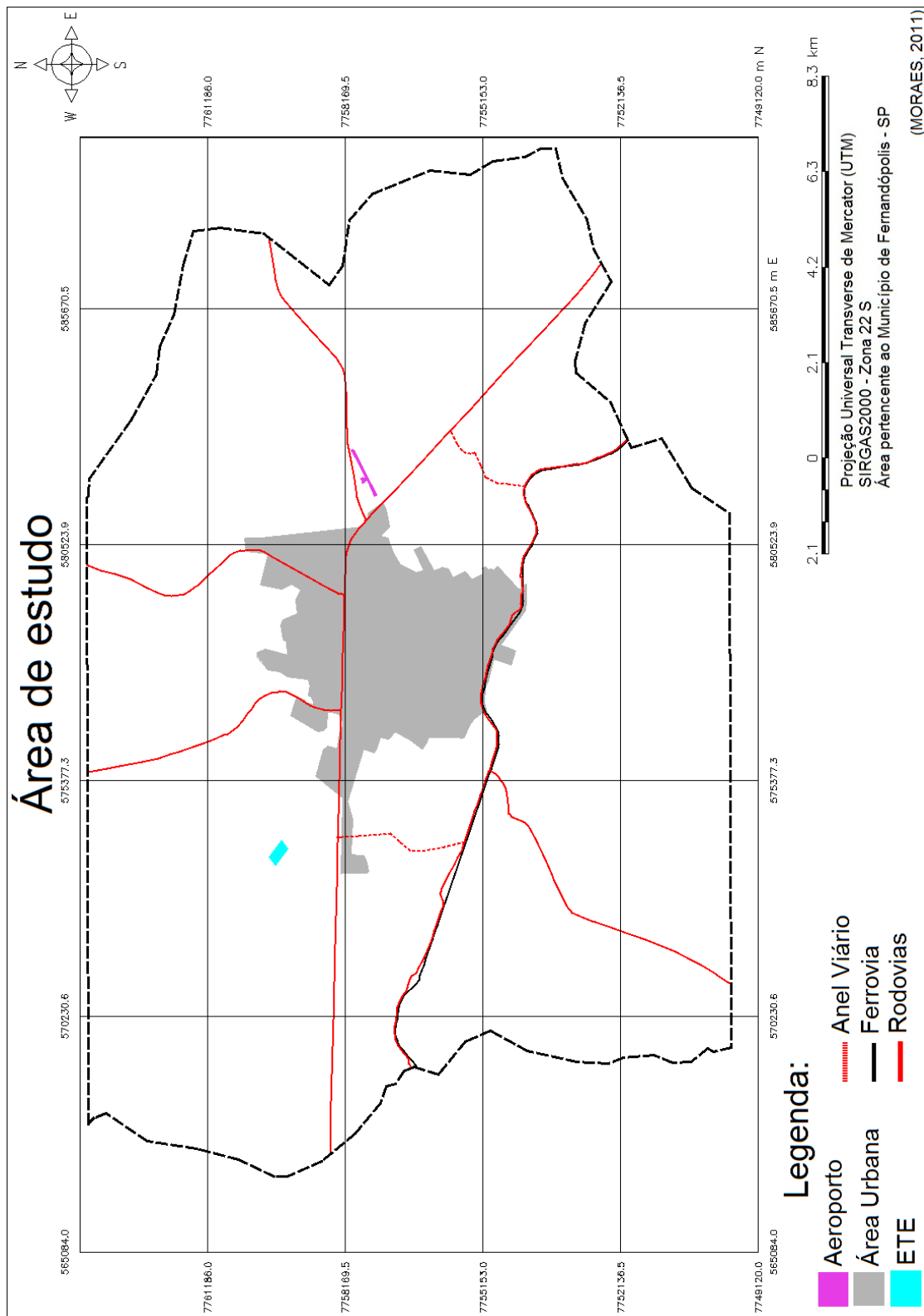
O município possui também um corpo de bombeiros capacitado, um grande Hospital e várias unidades básicas de saúde, oferecendo com isso, condições de vida e segurança para os empregados e seus familiares.

A necessidade da ZPE ser próxima a malha urbana da cidade torna-se evidente, mas apesar dos benefícios que esta traz, ocorre muitas vezes conflitos com a população, devido principalmente a geração de efluentes e gases com odores desagradáveis. A saída para o problema é a instalação de filtros de ar, a instalação de um tratamento preliminar dentro mesmo da área industrial e principalmente, manter bom relacionamento entre a atividade e os moradores próximos.

Com os referidos fatores socioeconômicos demonstrados anteriormente e a relação destes com a área do município de Fernandópolis - SP, no presente trabalho optou-se por selecionar visualmente um retângulo envolvente dentro do limite municipal, delimitando uma área de estudo (cerca de 250 km²) onde estes fatores apresentam-se mais evidentes, isto é, possuem proximidade da área urbana, da estação de tratamento de esgoto, aeroporto, rodovias e ferrovias, realizando assim os estudos da locação da Zona de Processamento e Exportação (Figura 3).

Com exceção da área selecionada, as outras não apresentam inicialmente condições para aproveitamento sem grandes investimentos, tornando-as inviáveis economicamente.

Figura 3. Área de estudo determinada pela infra-estrutura existente no município



5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Material

Para a realização do estudo foram utilizados os seguintes materiais e softwares:

- Imagens multiespectrais do Satélite CBERS 2B, sensor CCD, de resolução espacial de 20 x 20 m, com data de passagem em 03/05/2009, órbita 159/ponto 123 e fornecidas pelo INPE;
- Imagem pancromática do Satélite CBERS 2B, sensor HRC, de resolução espacial de 2,5 x 2,5 m, com data de passagem em 11/09/2008, órbita 159/ponto 123, georreferenciada pela Prefeitura Municipal e fornecida pelo INPE;
- Fotografias aéreas da malha urbana do município de Fernandópolis (2005), fornecidas pela Prefeitura Municipal (1:2.000);
- Imagem SRTM, adquirida gratuitamente no site da Embrapa, correspondendo à carta SF-22-X-A do IBGE. Os modelos estão em sistema de coordenadas geográficas, utilizando o Datum SIRGAS2000, com resolução espacial aproximada de 90 m.
- Plano Diretor do Município de Fernandópolis, fornecido pela Prefeitura Municipal (2004);
- Mapa Geológico e Pedológico, elaborados por (IPT, 1981) e (OLIVEIRA et al., 1999) respectivamente, fornecidos pela Prefeitura Municipal (1:50.000);
- Mapa Diagnóstico da UGRHI-15 (bacia do Turvo/Grande – 1:250.000);
- Mapa Diagnóstico da UGRHI-18 (bacia do São José dos Dourados – 1:250.000);
- Software AutoCAD 2009, da Autodesk;
- Software SPRING 5.1.8 (INPE).

5.2 Métodos

A metodologia proposta para o presente trabalho é constituída de sete etapas, desenvolvidas através da ferramenta SIG (Figura 4).

Como primeira etapa, tem-se a pesquisa bibliográfica inicial, onde, selecionaram-se os aspectos mais importantes de cada estudo e montou-se uma metodologia que englobasse os

mapas temáticos, produtos de sensoriamento remoto e dados disponíveis relativos ao município de Fernandópolis.

A segunda etapa é a estruturação do Bando de Dacos (BD) no ambiente do SPRING, iniciando com a criação do BD e posteriormente o projeto, onde consta a delimitação do retângulo envolvente (área de estudo), a Projeção e o Datum a ser utilizado.

A seguir, na terceira etapa foi realizada a importação da imagem HRC do satélite CBERS-2B, com resolução espacial de 2,5 x 2,5 metros, servindo de base para o georreferenciamento das outras imagens utilizadas posteriormente. Devido a sua resolução ser melhor em comparação com outras imagens utilizadas, utilizou-se a edição vetorial para gerar Planos de Informações (PI) mais precisos, como, hidrografia, rodovias, ferrovias, aeroportos, delimitação da área urbana e estação de tratamento de esgoto.

A importação da imagem SRTM fez parte da quarta etapa, sendo que a partir desta, desenvolvem-se os mapas hipsométricos e de declividade do terreno. Esta foi uma etapa importante, pois auxiliou na interpretação visual da situação real do terreno, podendo entre outras ferramentas, gerar visualizações 3D.

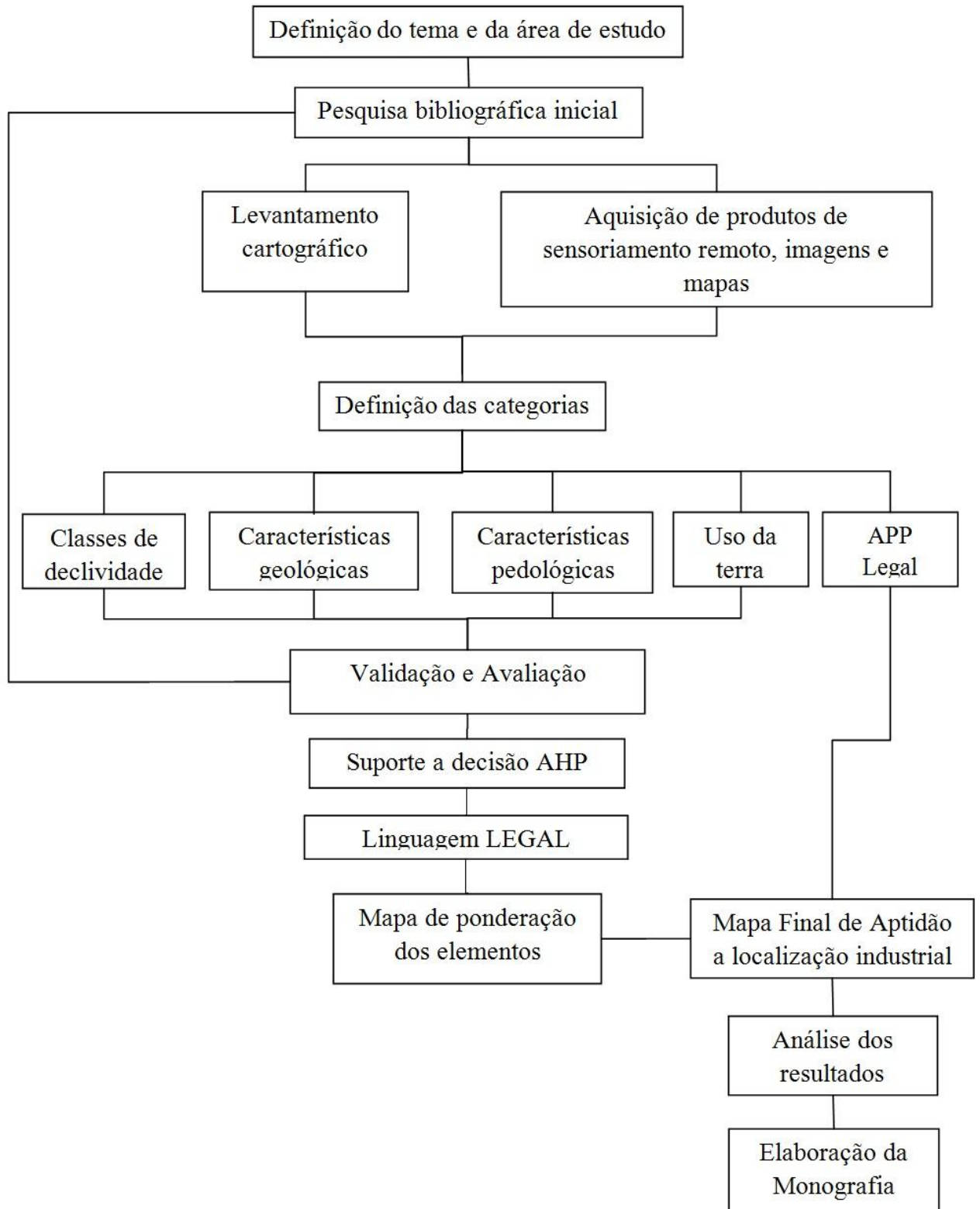
A digitalização dos mapas temáticos de pedologia e geologia no software AutoCAD 2009 foi à quinta etapa do estudo. No software SPRING ocorreu à importação dos produtos digitalizados no AutoCAD e com isso, a elaboração das cartas de pedologia e geologia.

Uso da terra e Área de Proteção Permanente (APP) foram cartas geradas através das diversas combinações das bandas do instrumento CCD do satélite CBERS, através de rotinas de segmentação e classificação, finalizando-se a sexta etapa com uma revisão e ajuste da segmentação e interpretação visual, ou seja, humana.

Para realização da sétima etapa, foi necessário de uma ponderação das diversas características encontradas em cada mapa temático e com isso, a elaboração de um algoritmo através da ferramenta de suporte a decisão AHP (Analytic Hierarchy Process) para combinar os mapas com seus respectivos valores de importância.

Com a elaboração do algoritmo, utilizou-se a Linguagem de programação LEGAL do SPRING para executar a soma dos mapas gerados, resultando no mapa final de aptidão a locação da ZPE.

Figura 4. Fluxograma da metodologia



Elaborado por: (MORAES, 2011).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

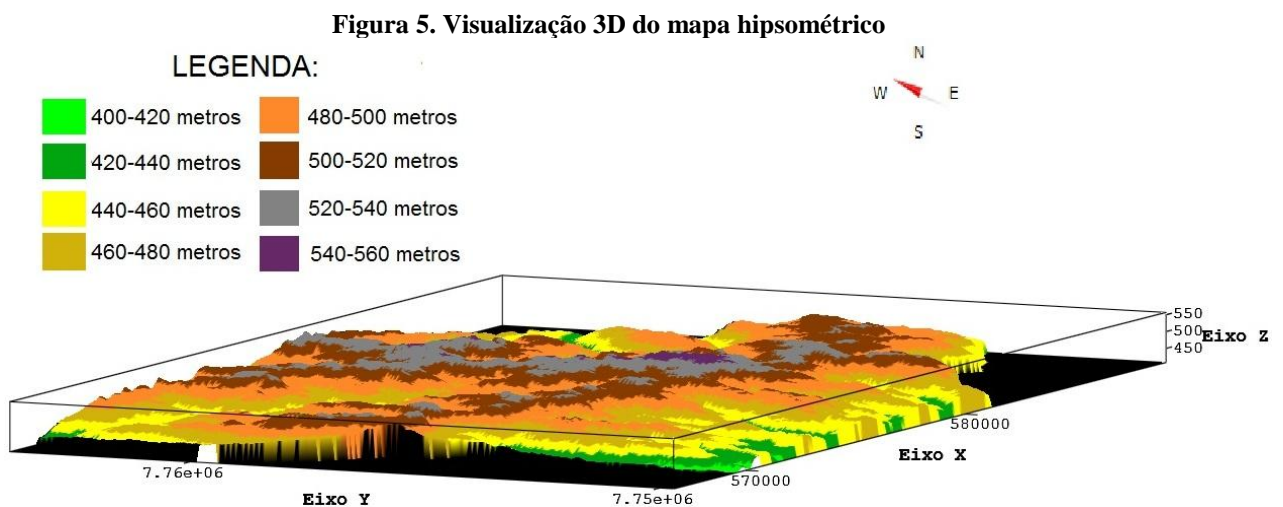
A partir da estruturação do Banco de Dados, criou-se um projeto com retângulo envolvente tendo como limite inferior esquerdo as coordenadas planas 7749120 m N, 565084 m E e como limite superior direito as coordenadas 7764200 m N, 590820 m E, na projeção UTM, datum SIRGAS2000 e zona 22 S.

Por ser a imagem de menor resolução espacial utilizada no presente trabalho (2,5 x 2,5 metros), a partir da imagem HRC do CBERS-2B, utilizou-se a opção edição vetorial para digitalizar as características gerais, onde apresentam-se feições que necessitam de um maior nível de detalhes, como, rodovias, ferrovias, aeroporto, rede de drenagem, Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), além de auxiliar na interpretação do uso do solo (Figura 3).

Como próximo passo, importou-se a imagem SRTM com resolução de aproximadamente 90 metros. A partir desta, executou-se a opção “geração de grade retangular”, através do interpolador bicúbico, obtendo-se assim, uma nova imagem numérica com resolução de 20 metros.

Através da análise exploratória, constatou-se o valor mínimo e máximo da altimetria do terreno, e através da opção fatiamento, gerou-se o mapa hipsométrico que variava de 400 até 560 metros com 20 metros de intervalo entre as classes.

A área estudada apresenta pouca amplitude altimétrica (160 metros), com isso, tem-se o predomínio de áreas planas e planícies, conforme observado na projeção 3D, com exagero vertical de duas vezes (Figura 5).



Elaborado por: (MORAES, 2011)

Na imagem SRTM utilizou-se a ferramenta “declividade” para gerar uma imagem numérica da declividade do terreno, e a partir desta, realizou-se um fatiamento para gerar as classes de declividade. As classes foram determinadas através da análise exploratória, onde se determinou que os valores variam de 0 até 33%, gerando-se classes de 0-2%, 2-4%, 4-8%, 8-16% e maiores que 20%.

Os mapas geológico e pedológico foram digitalizados no software AutoCad 2009 e exportados na extensão “.dwg”. O software SPRING importa sem problemas os arquivos neste tipo de extensão, sendo que em cada mapa, identificou-se e classificou-se as classes através da opção “edição vetorial”.

Com a importação das bandas do satélite CBERS, instrumento CCD, e a utilização de técnicas de contraste, gerou-se o mapa de uso do solo. O processo deu-se através da combinação das bandas 2, 3 e 4 nas cores vermelho, azul e verde, facilitando assim, a visualização de feições do solo, ainda contando com o auxílio da imagem HRC. As classes utilizadas para se elaborar o mapa de uso do solo foram água, rede de drenagem, nascentes, cultivo, pastagem, malha urbana, mata nativa, mata de reflorestamento e APP remanescente.

Através da rede de drenagem, utilizou-se a ferramenta mapa de distâncias (buffer), onde determinaram-se as áreas de APP Legal, que corresponde uma faixa de 30 metros de mata de ambos os lados dos rios que por lei (nº 4.771/65), não se pode ter ocupação de atividades antrópicas.

A identificação e mapeamento das matas nativas se deu através de interpretação visual dos mapas de diagnósticos das bacias hidrográficas do Rio Turvo (TG) e São José dos Dourados (SJD).

As áreas determinadas na sobreposição dos dois PI APP e mata nativa apresentaram-se como áreas inadequadas para atividades industriais, visto que são protegidas pela legislação vigente.

Após a análise das classes de cada carta temática (mapas de declividade, geologia, pedologia e uso do solo), foram atribuídos pesos de importância referentes a cada classe para aptidão industrial.

Para os pesos das classes dos mapas temáticos, foram atribuídos valores de 0 até 5, sendo que 0 – inadequado, 1 – péssimo, 2 – ruim, 3 – regular, 4 – bom, 5 – ótimo (RAMOS, 2000; BARETTA, 2007).

Os mapas gerados, os valores atribuídos e a metodologia para ponderação estão apresentados à seguir.

6.1 Classes de declividade

Na elaboração do mapa de declividade da área, constatou-se através da análise exploratória que o ponto com maior declividade era de 33%, enquanto o de menor era de 0%. Por isso, na ferramenta fatiamento, optou-se por classificar o terreno nas seguintes classes, declividade de 0-2%, 2-4%, 4-8%, 8-16%, 16-20% e maiores que 20% (Figura 6).

A respeito das melhores condições para locação industrial, Ramos (2000), propôs em seu estudo, uma análise da declividade visando os devidos fins, onde dispõe:

- Zonas Planas (declive até 2%) são excelentes para a instalação de unidades industriais, desde que tomadas algumas medidas para evitar problemas de drenagem;
- Zonas com declive entre 2 e 5% são ótimas para localização de qualquer edifício, infra-estruturas sanitárias, entre outros;
- Zonas com declive entre 5 e 10% apresentam algumas limitações para a implantação de edifícios e infra-estrutura sanitárias;
- Zonas com declive 10 e 15% apresentam sérios problemas à localização de áreas industriais;
- Zonas com declive entre 15 e 25% ocorrem riscos elevados de erosão para construções e edificações, por isto, não são adequados a atividades industriais, excluindo situações excepcionais;
- Zonas acima de 25% de declive apresentam riscos elevados de erosão, sendo que além da interdição de uso para construções, devem ser tomadas medidas de estabilização do terreno.

Através da classificação dos solos e os estudos para adequação para distritos industriais, ponderou-se a declividade do relevo da área de estudo, conforme discutido a seguir.

A classe representada pela declividade de 0 até 2% é considerada plana e apresenta excelentes condições para locação industrial, sendo que representa 14,63 km² da área total, por isto, recebeu uma ponderação de valor 5.

Declividade entre 2 e 4% são áreas planas e suavemente onduladas, representa 44,93 km² da área e apresenta ótimas condições para locação industrial, recebendo o valor 4.

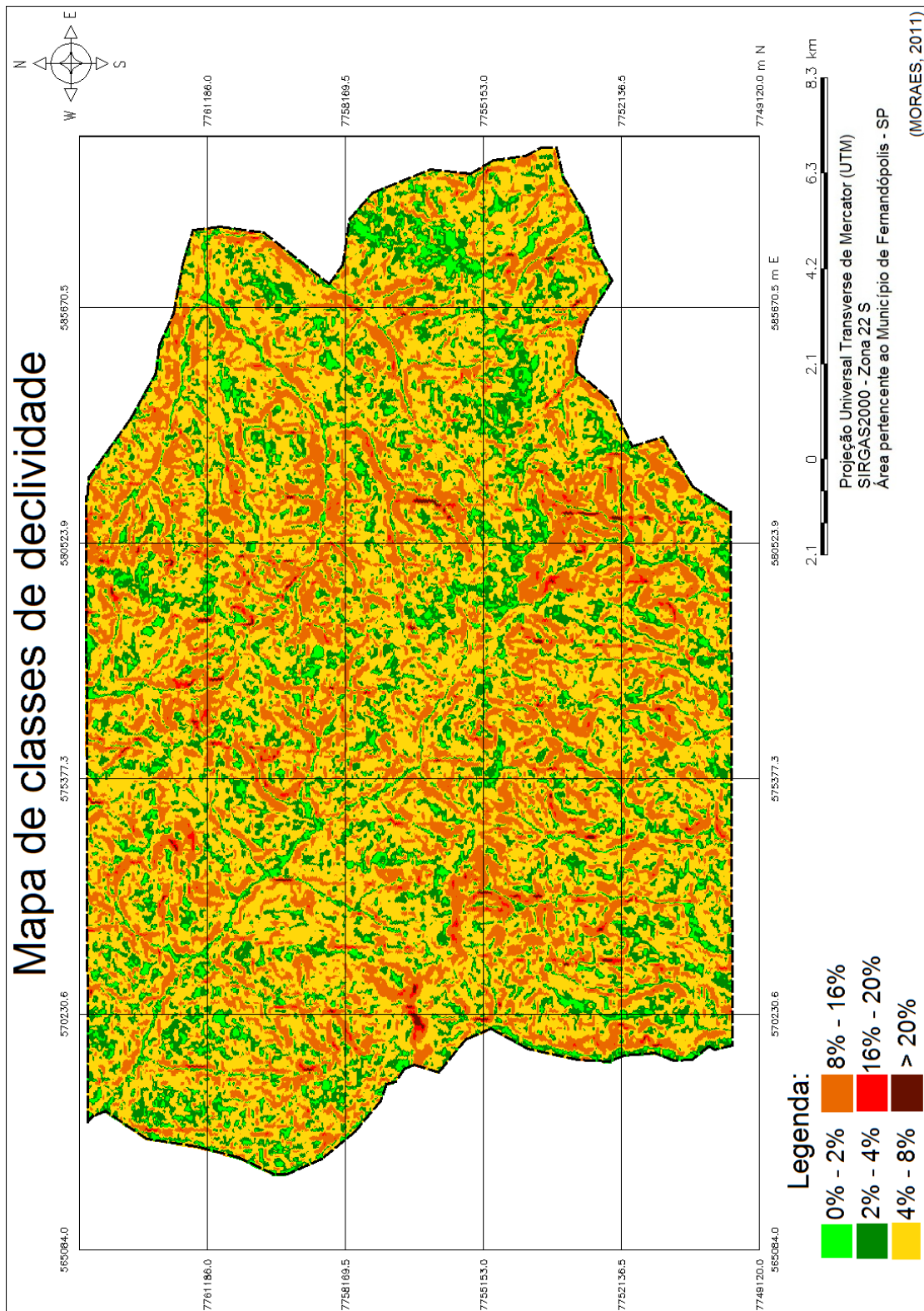
A faixa de 4 a 8% representa a maior parte da área de estudo, contemplada por 122,47 km² de área, sendo classificadas como suavemente ondulado e bom para locações, recebeu-se o valor 4.

Recebendo o valor de 3 pontos, o intervalo de 8 a 16% apresenta 64,5 km² da área, sendo caracterizado por relevo ondulado e apresentando problemas para locações industriais devido aos problemas com construções de infra-estruturas básicas.

A faixa do terreno que vai de 16 a 20% representa 2,13 km² e recebeu também o valor de 3 pontos, por se tratar de um terreno ondulado e pouco viável para locação industrial.

A menor porção do terreno, representado por 0,5 km² do total, refere-se a classe de 20% de declividade, que recebeu o valor de 2, pois trata-se de uma área fortemente ondulada, apresentando sérios riscos de erosão.

Figura 6. Mapa de classes de declividade



6.2 Caracterização geológica

A ponderação das duas classes do mapa geológico se deu através da metodologia utilizada por Nascimento e Dominguez (2009), onde analisou-se dois parâmetros para executar a ponderação: o tempo de formação geológico e a fragilidade, sendo considerada a média dos dois parâmetros, o valor de ponderação da referida classe.

A fragilidade é decorrente dos componentes das formações encontradas, sendo que quanto maior sua fragilidade, menor será o valor atribuído.

O tempo de formação geológico está relacionado à estabilização dos processos. Em resumo, formações mais antigas são mais estáveis e recebe uma ponderação maior.

A ponderação referente ao tempo é apresentada a seguir:

- Peso 2: Era Cenozóica;
- Peso 3: Era Mesozóica;
- Peso 4: Era Paleozóica;
- Peso 5: Era Arqueana e Proterozóico.

A partir do mapa geológico da área, constatou-se a grande predominância da formação Adamantina (Grupo Bauru), representando 247 km², enquanto que a formação quaternária apresentou 2,2 km² de área (Figura 7).

O grupo Bauru (Cretáceo) é caracterizado por rochas suprabasálticas constituídas predominantemente por sedimentos siliciclásticos continentais, depositados na porção centro-sul da Plataforma Sul-Americana. Dentro deste grande grupo, são encontradas diversas formações geológicas, como a formação Adamantina.

A formação Adamantina é constituída por um conjunto de fácies compostas por bancos de arenito portando estratificação cruzada, intercalados a bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos (SOARES et al., 1980). Esta constituição favorece a implantação de áreas industriais, visto que, indica uma formação pouco permeável.

Segundo estudos realizados por Paula e Silva (2003) a formação adamantina apresentou-se com maior profundidade de lençol freático de todas as formações do grupo Bauru, sendo um importante fator, devido a problemas de contaminação que existem em muitas áreas industriais.

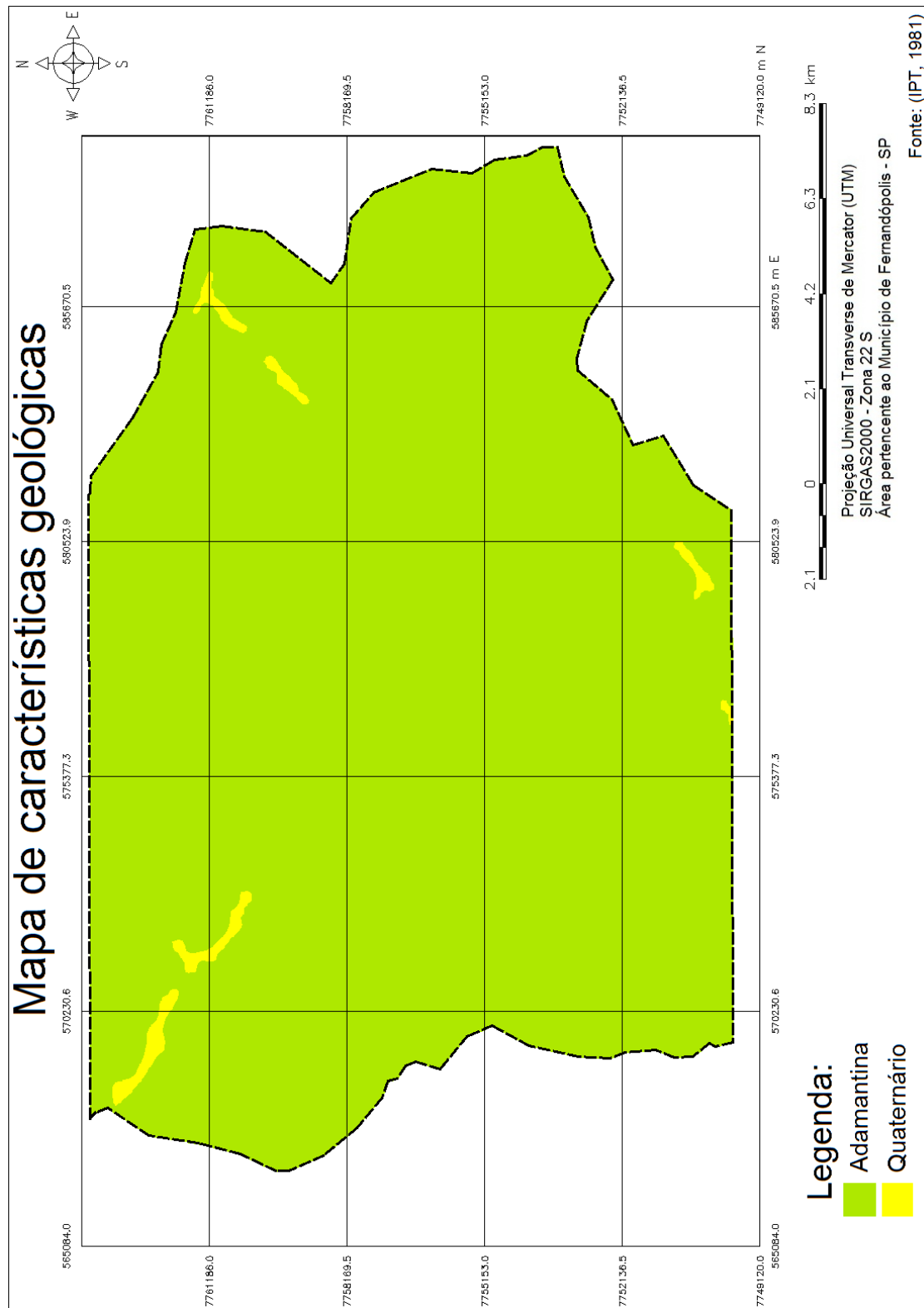
Devido a formação apresentar terreno pouco permeável e lençol freático profundo, atribuiu-se o valor 4 para o parâmetro fragilidade. Referindo-se ao tempo de formação geológica, a Adamantina recebeu valor 3, pois pertence ao período Cretáceo (cerca de 136

milhões de anos) na era Mesozóica. Com isto, obteve-se a média da classe, com valor final 3,5.

Por fim, foram identificadas pequenas áreas de sedimentos quaternários, situados em diversos locais, e estão associados de um modo geral ao relevo de planície de inundação. Os sedimentos em questão são areno-argilosos fluviais, areias argilosas depositadas em diques marginais, barras de meandro e canais, devido a sua proximidade com os corpos d'água. Esta classe recebeu o valor 2 para fragilidade.

Como a formação em questão pertence a períodos recentes da era Cenozóica, recebeu o valor 2 para o parâmetro tempo. Executando a média dos parâmetros, obteve-se o valor 2 como ponderação da classe.

Figura 7. Mapa de caracterização geológica



6.3 Caracterização pedológica

A metodologia de ponderação do mapa pedológico deu-se pelo grau de maturidade do solo e levando-se em consideração possíveis contaminações do lençol freático decorrente das atividades industriais.

De acordo o estudo realizado por Nascimento e Dominguez (2009), neste estudo foi proposto a seguinte ponderação para solos em virtude de sua maturidade:

- Latossolos: Peso 5;
- Argissolos: Peso 4;
- Espodossolos: Peso 3;
- Neossolos: Peso 2;
- Gleissolos e Organossolos: Peso 1.

Através da análise e elaboração das características do solo da área, identificou-se a grande presença dos Argissolos, divididos em Argissolos Vermelhos (149 km²) e Argissolos Vermelho-Amarelos (96 km²), e por último com 3,3 km², os Gleissolos (Figura 8).

Segundo a classificação da Embrapa (2009) os Argissolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixas e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B.

Na área de estudo encontram-se duas sub-ordens (segundo nível categórico) dos argissolos, os Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelos.

Os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA 1) apresentam horizonte A moderado, textura arenosa média, ocorrendo em relevo suavemente ondulado e ondulado, recebeu o valor 4 por ser um argissolo e apresentar pouca probabilidade de contaminação do lençol.

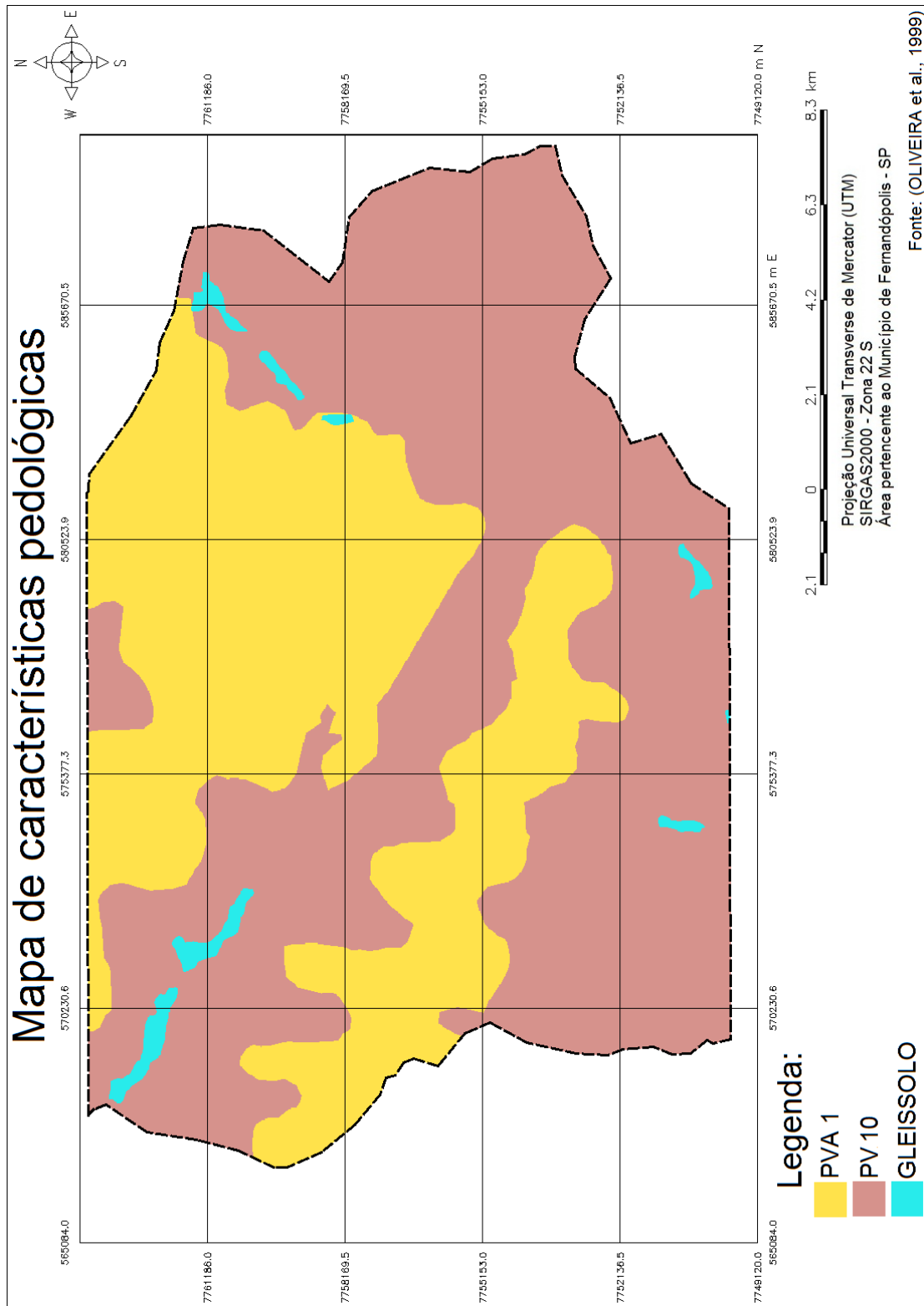
Os Argissolos Vermelhos (PV 10) apresentam horizonte A moderado, vermelho distrófico, textura arenosa média, ocorrendo em relevo relativamente plano, recebeu o valor 4.5 pois além de ser um argissolo, ocorre predominantemente em relevo plano, mostrando-se pouco melhor para atividade industrial do que a classe anterior.

Por fim, encontra-se em menor proporção os Gleissolos, que são constituídos por material mineral com horizonte glei iniciando-se dentro de 150 cm da superfície, imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou de horizonte hístico com menos de 40 cm de espessura e não apresentando horizonte vértico ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei, ou textura exclusivamente areia ou areia

franca em todos os horizontes até a profundidade de 150 cm da superfície do solo ou até um contato lítico.

A classe citada apresenta-se principalmente devido a locais a nível freático raso e ocorrência de hidromorfismo. Devido estas características, adotou-se o valor 1.

Figura 8. Mapa de caracterização pedológica



6.4 Classes de uso da terra

O mapeamento das classes de uso da terra foi realizado através da identificação visual das feições deste, tendo como base as diversas composições das bandas 2, 3 e 4 do instrumento CCD do satélite CBERS nas cores Azul, Verde e Vermelho. O processo deu-se através da opção “edição vetorial”, contando com o auxílio de técnicas de contraste, e acoplado-se a HRC na auxiliar.

Primeiramente, foi necessário dividir as feições existentes em dois tipos diferentes de análise, devido a parâmetros legais de uso.

As primeiras feições são as áreas, que legalmente não se pode exercer qualquer tipo de atividade antrópica. Segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei N°4771 de 15 de setembro de 1965) e resolução CONAMA 303/2002, definiu-se Áreas de Proteção Permanente (APP) como áreas protegidas legalmente, por possuir cobertura ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas.

O Código Florestal define diversas áreas de APP, entre elas:

- ao longo de rios ou qualquer curso d’água desde o seu nível mais alto em faixa marginal dependendo de sua largura mínima;
- ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais;
- nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, qualquer que seja a sua situação topográfica;
- no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- entre outros.

A delimitação das APP na área de estudo ocorreu a partir da hidrografia, onde prevalece a existência de rios com menos de 10 metros de largura, conferindo uma área de mata de 30 metros em relação a cada margem, e um raio de 50 metros no entorno das basebtes, e matas nativas, identificadas através de mapas de vegetação dos comitês de bacias do município (Turvo Grande e São José dos Dourados). Observou-se que a área não possui lago ou lagoa, e também por apresentar relevo plano ou pouco ondulado, não ocorre

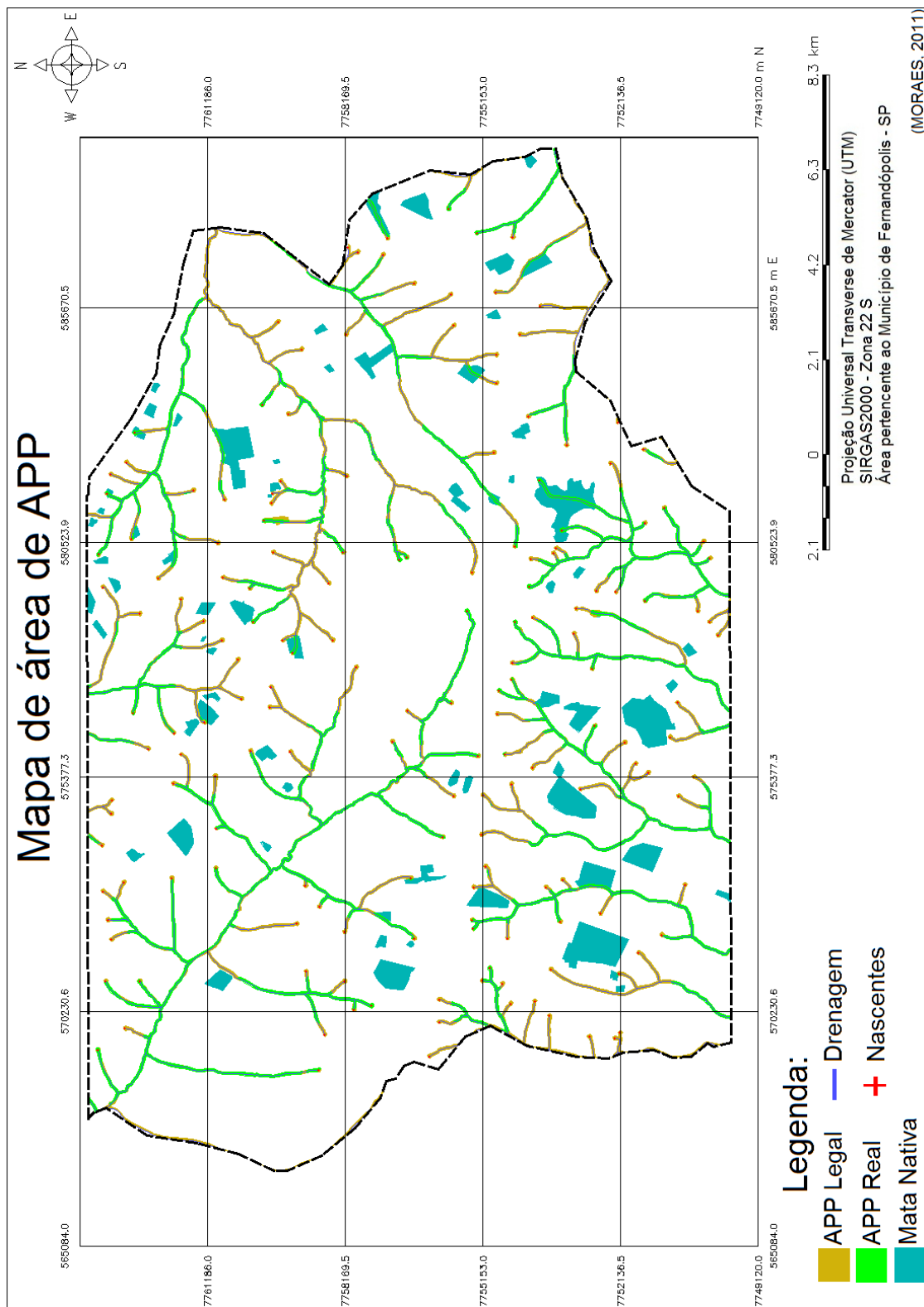
formações de morros, montes e encostas. Com isto, foi elaborado o mapa de APP da área (Figura 9).

A metodologia de ponderação deste mapa é em virtude dos parâmetros legais envolvidos, recebendo o valor 0. Com isto, este não será utilizado no processo AHP, pois as áreas já se apresentam como inadequadas para locações industriais.

A comparação da APP ao redor de rios com a situação real demonstra o quanto esta sofreu desmatamento, sendo explicada pela intervenção dos fazendeiros visando aumentar ainda mais suas áreas cultivadas.

Utilizando-se o medidor de classes do software SPRING, quantificou-se a área legal de APP e a área de APP real, sendo que a diferença entre estas demonstra a proporção do desmatamento. A área de APP foi de 15,4 km², enquanto que a área de 8,32 km² abrange a situação real, concluindo-se que, 7,08 km² de mata foram ilegalmente suprimidas.

Figura 9. Mapa de área de APP



A segunda feição analisada foram aquelas passíveis de atividades antrópicas, isto é, não possuem legislação vigente que impedem o seu uso.

A metodologia utilizada para ponderação destas deu-se de forma análoga a proposta por Baretta (2007), onde buscou-se ponderações menores para ambientes sensíveis a mudanças.

Para a realização do mapa de uso do solo, identificou-se e analisou-se as seguintes classes: área urbana, pastagem, solo exposto, cultivo, mata reflorestamento, mata nativa, APP real, drenagem, nascentes e água (Figura 10).

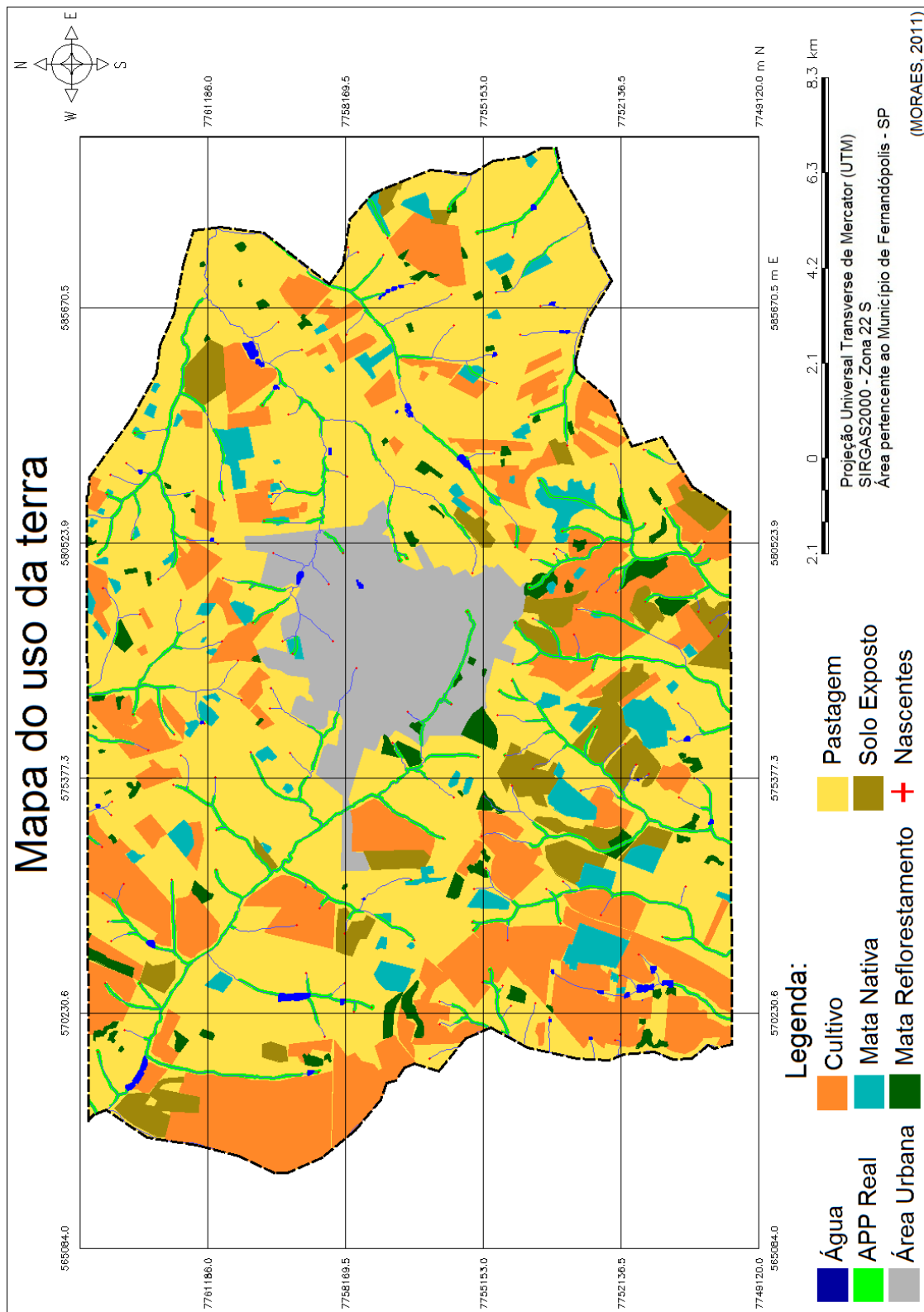
Dentre todas as classes selecionadas de feições de uso do solo, excluiu-se da ponderação, água, drenagem, nascentes, APP real e Mata Nativa, devido ao fato de serem restritivas. Estas foram sobrepostas no mapa final.

A área urbana (20 km²) apresenta-se viável para locações de distritos industriais, devido à proximidade de infra-estrutura básica e facilidade de locomoção dos envolvidos. O problema desta além do conflito da indústria com a vizinhança, é a indisponibilidade de área livre para englobar toda estrutura da obra e geração de problemas devido ao tráfego de veículos pesados, por isto, recebeu o valor 2.

O valor de ponderação 2 foi atribuído para a classe mata de reflorestamento (4,7 km²), apesar destas serem consideradas como atividade econômica (plantação de eucaliptos, seringueiras, entre outros), servem como habitat para diversas comunidades de animais.

Por fim, tem-se o valor 4 para as classes pastagem (157 km²), solo exposto (11,8 km²) e cultivo (50,6 km²), devido a mobilidade dos usos dentro destas classes, uma vez que, dependendo da época, o uso pode variar, numa época pode ocorrer cultivo, sendo que meses depois, torna-se solo exposto ou pastagem.

Figura 10. Mapa uso da terra



6.5 Mapa de aptidão industrial

O método Analytic Hierarchy Process (AHP) é utilizado para decisão multicriterial em diversos cenários complexos, em que pessoas trabalham em conjunto para tomar decisões e onde percepções humanas e seus julgamentos possuem repercussão de longo prazo (BHUSHAN & RAI, 2004).

No presente trabalho, estas percepções foram utilizadas nas análises dos mapas gerados que podem contribuir para locações industriais, e a ponderação destes, reflete o resultado obtido através do método em questão.

Neste método são utilizados os mapas na forma matricial, necessitando-se assim, de transformá-los de forma temático para matriz. A geração da ponderação ocorre através da comparação de importância entre as combinações destes. A comparação dos quatro mapas matriciais com resolução de 20 x 20 metros se baseou na proposta apresentada no estudo de Périco & Cemin (2006) (Figura 11).

Figura 11. Combinação dos critérios de fatores analisados

Fatores	Uso e cobertura do solo	Estradas	Declividade	Geologia	Pedologia
Uso e cobertura do solo	1				
Estradas	2	1			
Declividade	2	2	1		
Geologia	2	2	1	1	
Pedologia	3	2	2	1	1

Fonte: (PÉRICO & CEMIN, 2006).

De acordo com o método AHP, o número 1 representa peso “igual”, o 2 representa “um pouco melhor” e 3 “algo melhor”. O fator “Estradas” utilizado pelo autor foi considerado no presente trabalho para seleção da área dentro do município de Fernandópolis. Nota-se que não houve uma justificativa sobre as referidas comparações, no entanto, no presente adotou-se o estudo devido à carência de bibliografia.

Na figura 12 apresenta-se o método AHP juntamente com as comparações utilizadas.

Figura 12. Comparação utilizando o método AHP

Critério	Peso	Critério
geologia	1	Igual
pedologia	2	Um Pouco Melhor
DecliPercent	2	Um Pouco Melhor
pedologia	1	Igual
geologia	2	Um Pouco Melhor
pedologia	3	Algo Melhor
		Igual
		Igual
		Igual
		Igual

Razão de Consistência 0.017

Organizado por: (MORAES, 2011).

Com o término do processo, o método exporta um algoritmo com os pesos dos mapas definidos (ANEXO A), juntamente com a ponderação das classes discutidas anteriormente no presente trabalho, sendo este utilizado na ferramenta de Linguagem LEGAL, executando-se assim, a média ponderada dos mapas.

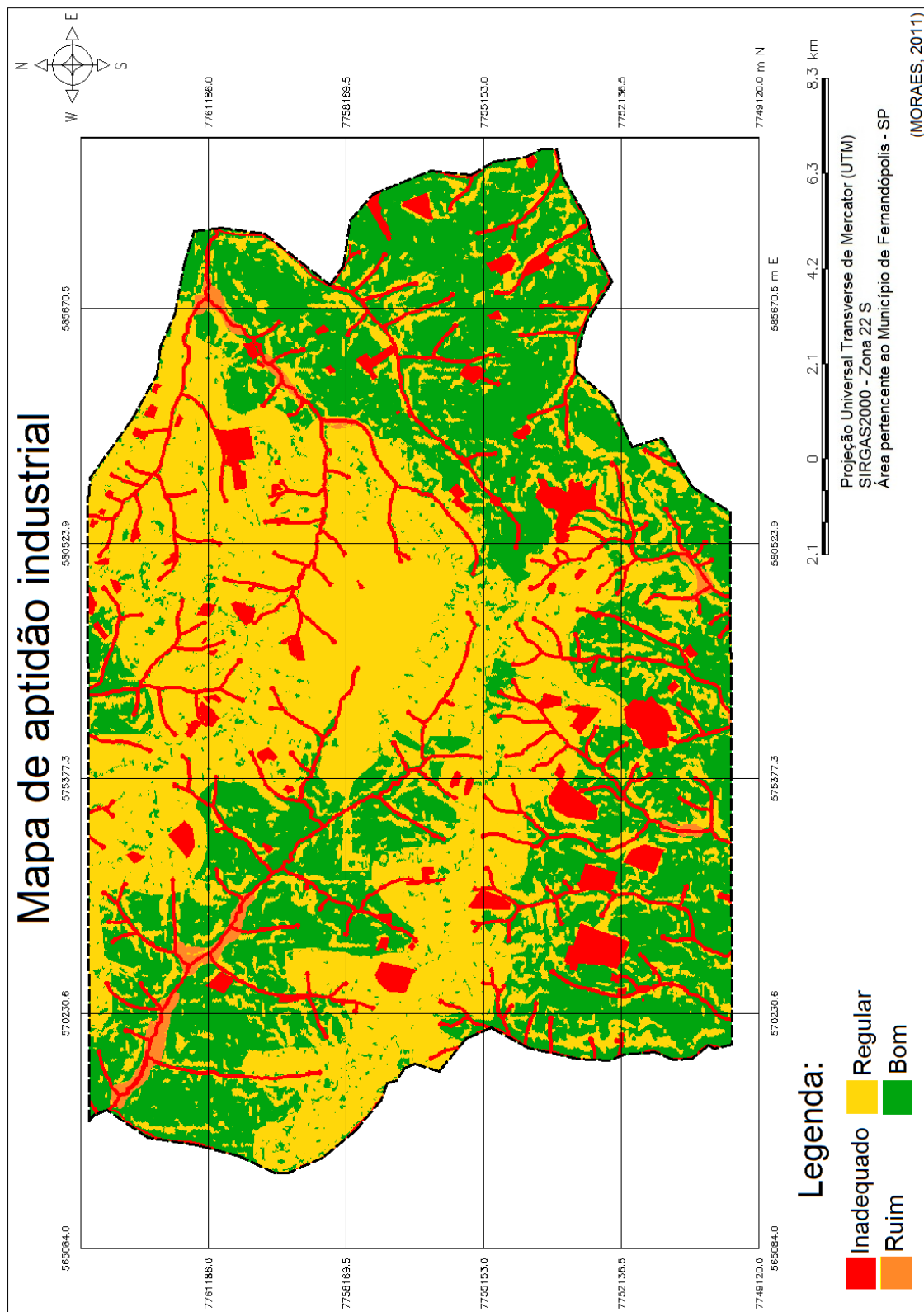
Utilizando-se do algoritmo elaborado no método AHP, executou-se a média ponderada dos quatro mapas matriciais, sendo os valores adotados através do referido método foram de 0,233 para classes de declividade, 0,278 para a caracterização geológica, 0,366 para a caracterização pedológica e 0,124 para o uso da terra. O mapa resultante apresenta-se como imagem numérica, no entanto, ainda era necessário sobrepor os dados da áreas de APP Legal e corpos d'água (áreas inadequadas).

A obtenção o mapa final de aptidão industrial foi possível através da ferramenta LEGAL (ANEXO B), onde, multiplicou-se o mapa gerado anteriormente, com o das áreas inadequadas, sendo que neste, atribuiu-se o valor 0 para as áreas inadequadas e o valor 1 para o restante do mapa, e no mapa da média ponderada, considerou-se os resultados obtidos pelo método AHP.

O resultado foi um mapa numérico, necessitando assim realizar um fatiamento para atribuição das classes referentes à aptidão industrial proposta.

No fatiamento atribuiu-se valores de 0-0.99 em áreas inadequadas, 1-1.99 para áreas consideradas péssimas, 2-2.99 para áreas consideradas ruins, 3-3.99 para regular, 4-4.99 para áreas boas e maior do que 5 para áreas ótimas para locação industrial, conforme proposto no início do presente item, gerando assim, um mapa final temático de aptidão industrial da área estudada do município de Fernandópolis (Figura 13).

Figura 13. Mapa final de aptidão industrial



Realizando-se uma quantificação e análise das áreas encontradas para aptidão industrial, foram obtidos os seguintes valores:

- 29,9 km² (12%) apresenta-se como inadequada;
- 2 km² (0,9%) são considerados ruins;
- 120,7 km² (49%) têm aptidão regular;
- 96,1 km² (38,1) apresentam-se como bom;

Conforme analisado, o município não possui áreas consideradas ótimas para locações, devido principalmente a sua formação geológica recente.

As áreas consideradas péssimas também não foram quantificadas, pois foram sobrepostas pelas APPs após a multiplicação dos mapas no processo anterior.

As áreas consideradas como “bom” são as mais indicadas para locações industriais dentro da área de estudo, ocorrendo predominantemente, nas regiões Sul, Sudeste e Noroeste.

Representando a maior parte da área estudada, as regiões consideradas como regular ocupam em sua maioria, as regiões Centrais e Norte, sendo aconselhadas somente em casos em que as áreas boas forem inviáveis financeiramente.

Com quase 1% da área estudada, as consideradas ruins não são aconselhadas ambientalmente para locações industriais, devido sua proximidade com áreas de APP e corpos d'água, sendo formações mais recentes e possuindo lençol menos profundo, podendo ocorrer contaminações devido à atividade em questão.

Áreas inadequadas são as que são protegidas pela legislação vigente e por corpos d'água, representando 12% de toda a área estudada.

A partir destes resultados foram evidenciadas as áreas mais adequadas ambientalmente para locações industriais, no entanto, ainda existe o problema da proximidade da malha urbana e com isto, a insatisfação das pessoas do local.

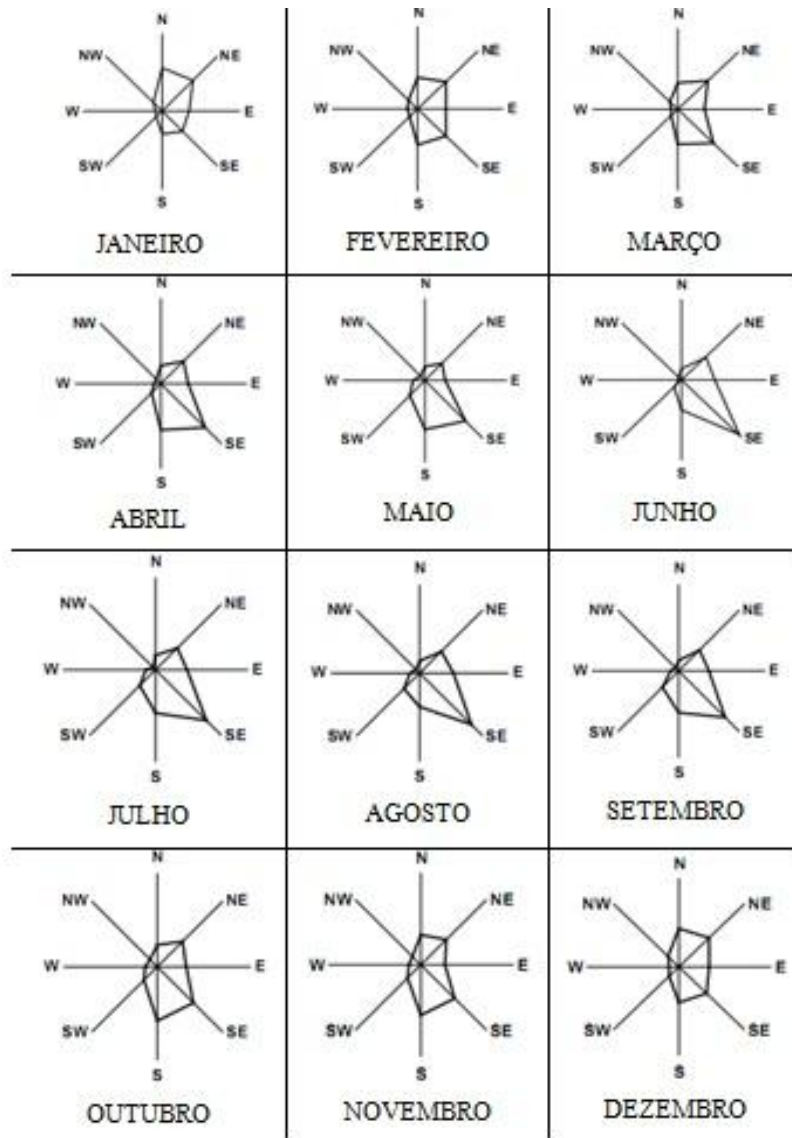
Uma das formas de se evitar problemas do ponto de vista da poluição do ar é através de estudos de cartas de ventos, onde indica-se a predominância destes ao longo do ano.

Para o município de Fernandópolis, não encontrou-se estudo de direção de vento, pois não existe no local uma estação meteorológica, no entanto, existe em duas cidades próximas (Jales e Votuporanga). A partir da estação automática EEVT (20°16'S, 50°33'W e 483 metros do nível do mar) que localiza-se no município de Jales (33 km de Fernandópolis) e devido o relevo não apresentar formações que possa modificar significativamente a direção do vento, no presente trabalho, adotou-se os dados da cidade de Jales.

Os dados da estação foram catalogados e estudados por Conceição (2008), constatando-se ocorrência média anual no sentido Sudeste (SE).

A figura 14 apresenta os meses do ano com suas respectivas direções dos ventos do período de 2004 a 2007.

Figura 14. Direções predominantes dos ventos



Adaptado de: (CONCEIÇÃO, 2008).

Em termos práticos, devem-se evitar locações industriais na região Noroeste da malha urbana, pois com a predominância de vento média anual é Sudeste, os gases produzidos irão em direção a malha urbana.

Outra forma de se evitar o referido conflito se dá através da instalação de tecnologias que diminuam os odores e filtros para evitar a poluição do ar, garantindo com isto, um bom

relacionamento com as pessoas da comunidade próxima, sendo que, em um cenário ideal ocorre à combinação da área de locação com as tecnologias.

A partir da análise das características do meio ambiente e os estudos referente à predominância dos ventos, pode-se retomar a seleção inicial da área de estudo, onde enfatizou-se as variáveis socioeconômicas através dos meios de transporte, estações de tratamento de esgoto (ETE) e a localização da malha urbana. Pelo fato dos referidos meios já possuírem instalações ou serem aglomerados antrópicos, estes são descartados como potenciais áreas da locação da ZPE (Figura 15).

As localidades que mais se destacaram na área de estudo foram as regiões Sul e Sudeste. A região Sul localiza-se, dependendo do local, próxima à rodovia e ferrovias, mas, no contato direto com estas, situam-se em ambiente de aptidão regular. Enquanto que na região Sudeste, nas proximidades de rodovias e ferrovias situam-se áreas de boa aptidão, sem contar que se localizam próximas ao aeroporto.

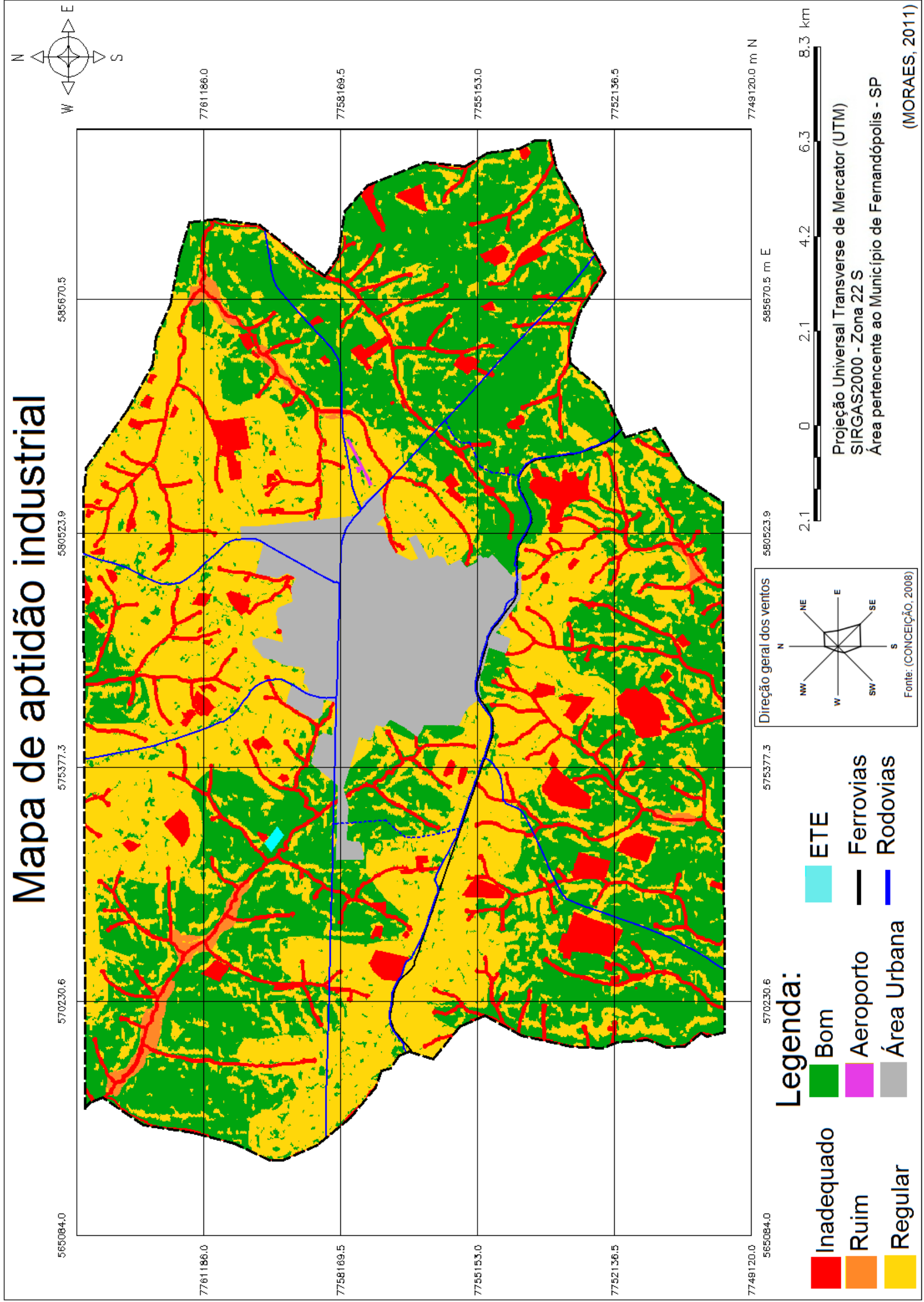
As regiões possuem boas características para implantações industriais, mas, ambas possuem grande distância em relação à ETE, para isto existem duas formas de se resolver o problema.

A primeira através da construção de tubulações desde a zona industrial até a estação, necessitando-se de estações de tratamento para remoção de possíveis patogênicos ou substâncias inibidoras do processo bacteriano, que ocorre na ETE. No entanto, podem-se gerar grandes problemas, como, gasto com a construção devido à grande distância, áreas de servidão da tubulação e com isto, conflito devido ao deslocamento de moradores.

O segundo, e aconselhado, constituiu-se num tratamento inicial dos efluentes gerados nos próprios distritos, de acordo com os métodos e padrões estabelecidos pela legislação vigente, tendo como objetivo, reduzir e adequar os lançamentos de efluentes industriais em redes de coleta de esgoto (DECRETO Nº 8.468, 1976), para depois ocorrer o lançamento destes no emissário mais próximo que não atravesse a malha urbana.

Com os resultados obtidos, espera-se que as locações industriais, principalmente a da ZPE, sejam ambientalmente corretas, evitando-se com isto, problemas maiores para pessoas e principalmente minimizar os impactos ambientais provenientes deste tipo de atividade antrópica.

Figura 15. Mapa de aptidão com área urbana, meios de transporte e estação de tratamento



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho cumpriu a proposta inicial, apresentando as áreas mais viáveis do ponto de vista ambiental para implantações industriais, sendo esta temática, muitas vezes deixada de lado em virtude de outras questões, como a econômica.

A metodologia de avaliação multicritério apresentou-se como satisfatória para os devidos fins, permitindo-se analisar as variáveis ambientais mais importantes, levando em consideração suas fragilidades e benefícios.

A utilização de geotecnologias para executar a metodologia apresentou-se adequada, em virtude de sua praticidade, da agilidade, precisão dos processos executados, compatibilidade dos dados, gerando resultados de grande qualidade.

Diante do exposto, recomenda-se a utilização desta metodologia nos mais diversos campos de estudo, em especial para os órgãos tomadores de decisão, como as prefeituras municipais, garantindo assim, a segurança ambiental de seu município.

Em contrapartida, a metodologia não apresentou-se suficiente para analisar todas as variáveis envolvidas em um processo de decisão industrial, necessitando assim, um refinamento após a finalização dos processos computacionais.

Com isto, existe a necessidade de complementação desta metodologia, incorporando ao processo as variáveis socioeconômicas e direção predominante dos ventos, sendo realizado o estudo na própria cidade de Fernandópolis, aumentando a sua viabilidade e precisão, visto que, padroniza todo o processo e diminui a subjetividade por conta das interpretações humanas.

Para futuros trabalhos relacionado com a temática, recomenda-se a adoção de toda a área municipal nos estudos, uma vez que o presente trabalho selecionou apenas uma parcela desta, deixando sem analisar possíveis áreas potenciais para locações industriais, do ponto de vista ambiental.

Outro fator importante é a utilização de softwares livres, como o SPRING, e imagens distribuídas gratuitamente, como do satélite CBERS e imagens SRTM, pois além de não trazer despesas, produzem resultados com qualidade se utilizados adequadamente, tornando viável a aplicação do método sem comprometer o orçamento de municípios com aquisição de softwares proprietários e imagens pagas, bastando profissional capacitado nas técnicas de geoprocessamento e levantamentos ambientais.

Apesar dos benefícios da utilização da imagem SRTM, ressalta-se que esta não possui grande precisão, por isto, no presente trabalho realizou-se uma interpolação a fim de torná-la mais viável. Recomenda-se em futuros trabalhos a substituição desta pelas folhas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) em escala 1:50.000, garantindo maior qualidade e precisão dos dados e consequentemente, nos produtos gerados.

Ainda relacionado com a qualidade final do presente trabalho, destacam-se a precisão e a qualidade dos dados utilizados nos processos, pois os mapas disponíveis foram gerados na escala de 1:50.000, fato que não garante que todas as características reais estejam retratadas. Por isto, existe a necessidade de novos estudos no sentido de gerar resultados mais precisos, em escalas maiores, para que a qualidade do produto seja a maior possível.

O relevo apresenta-se como um fator importante na seleção de industriais, pois demonstra os aspectos do relevo, sendo um indicador para locações. No entanto, não foi abordado no presente trabalho em virtude da disponibilidade do mapa, dentro da pesquisa bibliográfica realizada, em escala viável e por falta de metodologia para ponderação das possíveis características locais. Com isto, recomenda-se o estudo e incorporação deste fator em futuros trabalhos sobre seleção de áreas potenciais para locações industriais.

As APP da área em questão já possui certo grau de desmatamento, necessitando assim de projetos de reflorestamento e conscientização de produtores rurais sobre a importância destas para os corpos d'água e a relação direta com a qualidade de vida dos seres vivos.

A respeito dos resultados gerados, aconselha-se a implantação de distritos industriais nas regiões ao Sul e Sudeste da área de estudo, em virtude de serem consideradas boas para locações, estarem próximas dos meios de transportes e apresentarem pouca probabilidade de seus gases incomodarem a população da malha urbana.

Espera-se que com os resultados obtidos, que a locação da área da ZPE da cidade de Fernandópolis possa incorporar a variável ambiental no processo de escolha, pois, é indiscutível os benefícios para o município, famílias e para toda a região que direta ou indiretamente usufruirá da mesma.

Ao mesmo tempo, espera-se que, se economicamente viável, se faça a realocação dos distritos industriais já instalados e que por ventura estejam em desacordo com os presentes resultados, e também, a adoção destes resultados para futuras locações no município.

No caso da realocação ser inviável, recomenda-se adotar tratamentos específicos para cada tipo de efluente gerado nas diversas atividades industriais, instalação de filtros para eliminação de odores e diminuição da concentração de substâncias eliminadas para a

atmosfera, onde a direção do vento se apresenta desfavorável, e principalmente, a impermeabilização do solo, em áreas que estão em desacordo com a viabilidade ambiental gerada no presente trabalho, evitando assim, problemas de contaminações, conflitos com a população e irregularidades com o órgão ambiental.

A tentativa de alcançar o desenvolvimento sustentável é complicada, muitas vezes considera-se utópico, no entanto, se os responsáveis pelas diversas atividades, como as industriais que foram estudadas no presente trabalho, se preocuparem em reduzir seus próprios impactos, os danos para o meio ambiente serão menores e com isto, menos problemática será a relação homem e meio ambiente.

8 BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, N. V.; BATISTA, A. N. C.; MELO, J. A. B.; GUIMARÃES, A. P. Utilização de imagens CBERS no diagnóstico do uso e ocupação do solo da microbacia do Riacho Maracajá, Olivedos, PB. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais**. Natal, p. 1927-1934. 2009.

ANDRADE, F. S. **Uso de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal**. 2000. Disponível em: <http://gisbrasil.com.br/portugues/xtras_gb2000/1122/1122.htm> Acesso em: 18 set 2010.

BARETTA, L. **Análise ambiental para implantação de distritos industriais com uso de geoprocessamento no município de São Leopoldo – RS**. 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Áreas de Concentração) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2007.

BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process**. New York: Springer. 2004.

BRASIL, Lei nº. 4.771, de 15 de setembro de 1965. In: **Código Florestal**. Brasil, 1965.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **ZPE – Zonas de processamento e exportação**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/portalmDIC/arquivos/dwnl_1224506583.pdf>. Acesso em: 18 set 2010.

CÂMARA, G. **Modelos, linguagens e arquiteturas para bancos de dados geográficos**. 1995. 252 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 1995.

CAMARA, G.; CASANOVA, M. A.; HEMERLY, A. S.; MAGALHÃES, G. C.; MEDEIROS, C. M. B. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**. Campinas: UNICAMP, 193 p. 1996.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para projetos ambientais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, 1996. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>>. Acesso em: 18 set 2010.

CARVALHO, T. M. Métodos de sensoriamento remoto aplicados à geomorfologia. **Revista Geografia Acadêmica**, Goiás, v.1 n.1(xii), p. 44-54. 2007.

CARVALHO, P. T.; SILVA, A. M. R.; BONATTO, D.; OLIVEIRA, D. A.; SPINELLI, J.; BITENCOURT, L. R.; FRAGOMENI, L. P.; JORGE, M. S.; CRUZ, R. Estudo de potencialidades de áreas para parcelamento industrial no município de Passo Fundo/RS. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, 2005, São Paulo. **Anais**. São Paulo, p. 2975-2989. 2005.

CAVALCANTI, C. (Org.) **Meio ambiente, desenvolvimento sustentável e políticas públicas**. Ed. Cortez, São Paulo, Fundação Joaquim Nabuco, Recife. 1997.

CETESB. Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976. In: **Prevenção e o controle da poluição**. São Paulo. 1976.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. In: **Legislação Federal**. Brasil, 2002.

CONCEIÇÃO, M. A. F. Condições predominantes dos ventos em Jales (SP). **Comunicado Técnico**. Bento Gonçalves, Rio Grande de Sul. 2008.

DEPRN – Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais. **Mapa de vegetação brasileira e estágios de regeneração considerados para Mata Atlântica**. São Paulo, SP. 2001.

DESIDÉRIO, R. A. O.; VALE, R. M. C.; ROCHA, W. F. Aplicações de geotecnologias na compartimentação de unidades geomorfológicas da carta de Livramento de Brumado – BA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais**. Florianópolis, p. 2517-2524. 2007.

DIAS, J. E.; GOMES, O. V. O.; GOES, M. H. B. O Uso de geoprocessamento na determinação de áreas favoráveis a expansão urbana no município de volta redonda, estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Geografia**, Rio de Janeiro. v.13, 17 p. 2004.

DOMINGUES, C. V. **Aplicação de geoprocessamento no processo de modernização da gestão municipal**. 2008. 8 p. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 397 p. 1999.

FERNANDÓPOLIS. **Planejamento estratégico situacional da saúde**. Fernandópolis, São Paulo. 145p. 2002.

FERNANDÓPOLIS. **Plano diretor de Fernandópolis**. Fernandópolis, São Paulo: Prefeitura Municipal. 2004.

GRAEDEL, T. Industrial Ecology: definition and implementation. **Industrial Ecology and Global Change**, Cambridge, United Kingdom, p. 23-41, 1994.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. SPRING: **Tutorial de geoprocessamento**. 2006. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>>. Último Acesso em: 12 out 2011.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **CBERS: usos e aplicações**. 2007. Disponível em: <<http://www.cbears.inpe.br>>. Acesso em: 12 out 2011.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo, SP. 2v, Série Monografias 6, 1981.

LOBO, R. C. **Sistemas de informação geográfica nos municípios**. Curitiba, 2000.
Disponível em: <<http://www.fatorgis.com.br/colunas/rodrigo/2000/01/06/html>>. Acesso em: 18 set 2010.

MORENO, J.; LITHOLDO, T. Gestão ambiental: utilização de sistema de informação geográfica (SIG) na implantação de um zoneamento para atividades industriais no município de Piracicaba. **Revista Ciência & Tecnologia**, Piracicaba. v. 8, p. 97-106. 1998.

MULLER, R. S. **Diagnóstico ambiental das áreas de expansão urbana no município de Jaguariúna – SP**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) 94 f. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2009.

NASCIMENTO, D. M. C.; DOMINGUEZ, J. M. L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, Salvador. v.39, p 395-408. 2009.

NÓBREGA FILHO, A. **Zonas de processamento e exportação (ZPEs): estratégias para o desenvolvimento sócioeconômico do estado**. 2007. 22 p. Instituto de Estudos e Pesquisas Para o Desenvolvimento do Estado do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <<http://www.al.ce.gov.br/inesp/publicacoes/pdf/7.pdf>>. Acesso em: 18 set 2010.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto - princípios e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Editora Blücher Ltda, 308 p. 1992.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do estado de São Paulo**: legenda expandida, Campinas: Instituto Agronomico: Rio de Janeiro, RJ. Embrapa-Solos. 64 p.:mapa. 1999.

OLIVEIRA JUNIOR, M. A. R. **Geoprocessamento como ferramenta de análise integrada de riscos de acidentes industriais**. 119 p. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PAULA E SILVA, F. **Geologia de subsuperfície e hidrostratigrafia do grupo Bauru no estado de São Paulo**. 2003. 201 f. Tese (Doutorado em Área de Concentração em Geologia Regional) – Universidade Estadual Paulista – UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2003.

PÉRICO, E.; CEMIN, G. **Planejamento do uso do solo em ambiente sig: alocação de um distrito industrial no município de Lajeado, RS, Brasil**. 12 p. 2006.

PIRES, F.; MEDEIROS, C. B.; SANTOS, R. F. Um ambiente computacional de apoio a concepção de aplicações geográficas. In: GIS BRASIL, II CONGRESSO E FERIA PARA USUÁRIOS DE GEOPROCESSAMENTO, 1996, Curitiba. **Anais**. Curitiba, p. 545-553. 1996.

PORTAL TERRA. **A zona franca de Manaus.** (2010) Disponível em: <<http://www.colegioweb.com.br/geografia/a-zona-franca-de-manaus.html>>. Acesso em: 18 set 2011.

PRESIDENTE Lula aprova criação de seis novas ZPE. 2010. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/noticia.php?area=1¬icia=9934>>. Acesso em: 19 out 2011.

RAMOS, R. A. R. **Localização Industrial: Um Modelo para o Noroeste de Portugal.** 323 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2000.

RELATÓRIO Brundland e a sustentabilidade. [2007?]. Disponível em: <<http://www.mudancasclimaticas.andi.org.br/node/91>>. Acesso em: 12 out 2011.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo.** São Paulo: FFLCH/USP: IPT: FAPESP. Escala 1:500.000. 2v, 64p. + map.color. 1997.

SILVA, L. P. **Modelagem e geoprocessamento na identificação de áreas com risco de inundação e erosão na Bacia do Rio Cuiá.** 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, 2007.

SOARES, M. E. S. **Cenários de localização industrial em ambiente sig.** 2002. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Municipal) - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2002.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no estado de São Paulo: Grupo Bauru. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo. v. 10, n. 3, p. 177-185, 1980.

VALÉRIO FILHO, M. Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional. In: VI SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, Presidente Prudente. **Resumos e Roteiros de Campo**, Presidente Prudente. 12 p. 1998.

ANEXOS

ANEXO A – Algoritmo em LEGAL para média ponderada dos mapas

```

{

// Pesos a ser aplicados, gerados pelo método AHP
// DecliPercent = 0.233
// geologia = 0.278
// pedologia = 0.366
// uso_do_solo = 0.124
// Razão de consistência CR = 0.017

// Programa em linguagem LEGAL

// Declaração das variáveis de entrada dos PI's Temáticos

Tematico var1 ("DecliPercent");
Tematico var2 ("geologia");
Tematico var3 ("pedologia");
Tematico var4 ("uso_do_solo");

// Ponderação de todas as classes dentro de cada PI utilizado

Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (CategoriaIni = "DecliPercent" ,
            "0 - 2% ":5,
            "2 - 4% ":4,
            "4 - 8% ":4,
            "8-16% ":3,
            "16-20% ":3,
            "> 20% ":2);

Tabela tab2 (Ponderacao);

```

```
tab2 = Novo (CategoriaIni = "geologia" ,
            "adamantina":3.5,
            "quaternario":2);
```

Tabela tab3 (Ponderacao);

```
tab3 = Novo (CategoriaIni = "pedologia" ,
            "PVA1":4,
            "PVA10":4.5,
            "GLEISSOLO":1);
```

Tabela tab4 (Ponderacao);

```
tab4 = Novo (CategoriaIni = "uso_do_solo" ,
            "agua":0,
            "solo_exposto":5,
            "pastagem":5,
            "Mata":3,
            "cultivo":5,
            "area_urbana":2);
```

// Definição do dado de saída

```
Numerico var5 ("mapa_final_mnt");
```

// Recuperação dos dados de entrada

```
var1 = Recupere (Nome="decli_bicu20_perc_masc");
```

```
var2 = Recupere (Nome="mapa_geologico");
```

```
var3 = Recupere (Nome="mapa_pedologico");
```

```
var4 = Recupere (Nome="mapa_uso");
```

// Criação do dado de saída

```
var5 = Novo (Nome="mapa_final_tcc", ResX=20, ResY=20, Escala=20000,
```

```
Min=0, Max=1);
```

```
// Geração da media ponderada
```

```
var5 = 0.233*(Pondere(var1, tab1)) + 0.278*(Pondere(var2, tab2))+ 0.366*(Pondere(var3,  
tab3))+ 0.124*(Pondere(var4, tab4));
```

```
}
```

ANEXO B – Algoritmo em LEGAL para incluir as APPs

```

{

// Programa em linguagem LEGAL

// Definição dos dados de entrada

Tematico var1 ("mapa_final");
Tematico var2 ("uso_do_solo");

// Ponderação do mapa gerado no ANEXO A de acordo com sua viabilidade ambiental

Tabela tab1 (Ponderacao);
tab1 = Novo (CategoriaIni = "mapa_final" ,
            "0-inadequado":0,
            "1-pessimo":1,
            "2-ruim":2,
            "3-regular":3,
            "4-bom":4,
            "5-otimo":5);

// Ponderação do mapa de APP, sendo o valor 0 para as áreas de APP Legal
// e o valor 1 para a área restante, representada pelo PI area_viavel

Tabela tab2 (Ponderacao);
tab2 = Novo (CategoriaIni = "uso_do_solo" ,
            "area_viavel":1,
            "inadequado":0);

// Definição do dado de saída

```

```
Numerico var3 ("mapa_final_mnt");

// Recuperação dos dados de entrada

var1 = Recupere (Nome="aptidao_industrial");
var2 = Recupere (Nome="inadequado");

// Criação do dado de saída

var3 = Novo (Nome="mapa_soma", ResX=20, ResY=20, Escala=20000,
            Min=0, Max=1);

// Geração da multiplicação entre os mapas

// Após a multiplicação, as áreas inadequadas apresentam-se com valor 0

// As áreas consideradas viáveis no processo do ANEXO A, continuaram com seus
// respectivos pesos, uma vez que, tem-se uma multiplicação pelo valor 1
// adotado para o PI area_viavel

var3 = 1.000*(Pondere(var1, tab1)) * 1.000*(Pondere(var2, tab2));

}
```