



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

JOSELITO TELES GONÇALVES JÚNIOR

**IMPLICAÇÕES GEOAMBIENTAIS DECORRENTES DA
EXPLORAÇÃO DE URÂNIO NO MUNICÍPIO DE SANTA
QUITÉRIA, CEARÁ.**

Fortaleza
2012

JOSELITO TELES GONÇALVES JÚNIOR

IMPLICAÇÕES GEOAMBIENTAIS DECORRENTES DA
EXPLORAÇÃO DE URÂNIO NO MUNICÍPIO DE SANTA QUITÉRIA,
CEARÁ.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Ceará – PROPGEO/UECE, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Geografia. Área de concentração: Análise geoambiental e ordenação do território nas regiões semiáridas e litorâneas.

Orientador: Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza

Fortaleza
2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Universidade Estadual do Ceará

Biblioteca Central Prof. Antônio Martins Filho

Bibliotecário Responsável – Francisco Welton Silva Rios – CRB-3 / 919

G635i Gonçalves Júnior, Joselito Teles

Implicações geoambientais decorrentes da exploração de urânio no município de Santa Quitéria, Ceará / Joselito Teles Gonçalves Júnior. – 2012.

CD-ROM. 191 f. : il. (algumas color.) ; 4 ¾ pol.

“CD-ROM contendo o arquivo no formato PDF do trabalho acadêmico, acondicionado em caixa de DVD Slim (19 x 14 cm x 7 mm)”.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro de Ciências e Tecnologia, Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia, Fortaleza, 2012.

Área de Concentração: Análise geoambiental e ordenamento de territórios de regiões semiáridos e litorâneas.

Orientação: Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza.

1. Mineração uranífera – Santa Quitéria (CE). 2. Planejamento ambiental – Santa Quitéria (CE). 3. Geoprocessamento. 4. Semiárido cearense. Título.

CDD: 910



FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome da Dissertação: "Implicações Geoambientais Decorrentes da Exploração de Urânio no Município de Santa Quitéria, Ceará".

Data da Defesa: 20/12/2012

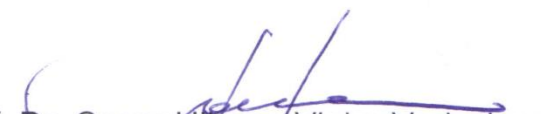
Nome do Autor: Joselito Teles Gonçalves Júnior

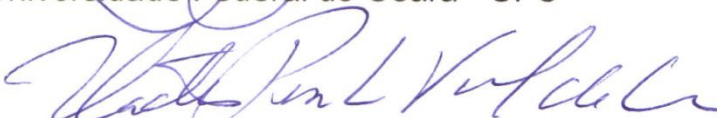
Nome do Orientador: Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza (Orientador)

Trabalho apresentado ao Programa de Pós Graduação em Geografia – CCT/UECE, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, Área de Concentração: Análise Geoambiental e Ordenamento de Territórios de Regiões Semi-Áridas e Litorâneas.

BANCA:


Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará – UECE


Prof. Dr. Cesar Ulisses Vieira Verissimo
Universidade Federal do Ceará - UFC


Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal
Universidade Federal do Ceará – UFC


Profa. Dra. Maria Lúcia Brito da Cruz
Universidade Estadual do Ceará - UECE

A minha família... com amor e dedicação.

AGRADECIMENTOS

O cansaço e a ansiedade me fazem sintetizar essa etapa, que deixei por último, não por desvalorizá-la, mas pela importância que ela tem em minha vida profissional e pessoal. Foram vinte e um meses de lutas, desafios, ansiedades, medos, renúncias e muitas noites em claro. No entanto, faria tudo novamente, pois como diz meu pai “não há vitória sem lutas,” além do mais foram muitos os momentos em que num rápido *feedback* me faz ver que valeu a pena! Principalmente pelos momentos vividos ao lado dos colegas e amigos, além dos conhecimentos adquiridos.

Portanto, meus justos agradecimentos, primeiramente, a Deus pela saúde, misericórdia e graça concedidas em minha vida que significam a força de lutar pelos meus sonhos e a esperança de que os realizarei. Obrigado Pai!

Agradeço ao Pr. Jecer Goes e ao Pr. José Levi Furtado Pontes pelas orações e palavras de ânimo que tanto me ajudaram.

A minha família pelo apoio e carinho incondicional especialmente a minha irmã Juliana Gonçalves pelos diálogos, às vezes, monólogos que serviam como forma de desabafo para mim.

Agradeço ao Prof. Marcos José Nogueira de Souza por acreditar em meu trabalho e pela amizade. Sua humildade, seu caráter e sua ética são exemplos a ser seguido.

Agradeço a Profa. Lúcia Brito por estar comigo em todos os momentos dando força e carinho.

Agradeço ao Prof. Cesar Ulisses pela disponibilidade em colaborar com este trabalho na qualificação e na defesa. Agradeço a Profa. Vladia Vidal por aceitar contribuir nessa fase final.

Agradeço aos amigos e amigas da turma 2011 do PROPGEIO pelos momentos fáceis e difíceis que compartilhamos principalmente a Geyziane Lima de Castro, Leiliane Souza de Oliveira e Aline Lima Braúna.

Agradeço aos amigos do LAGEO, Andrea Crispin e Iaponam Cardins.

Agradeço a CAPES pelo incentivo financeiro à pesquisa.

Agradeço às pessoas que compõem a secretária do PROPGEIO no nome da nossa querida Maria Júlia.

Enfim, agradeço aos amigos que torceram e acreditaram em mim pela força e aos inimigos pela motivação que me deram para lutar e me superar a cada dia.

Se tiver de gloriar-me, gloriar-me-ei
no que diz respeito à minha fraqueza.
II Coríntios 11:30

RESUMO

Este trabalho versa sobre o processo de implantação da mina de urânio e fosfato e de suas respectivas usinas de beneficiamento localizadas, no município de Santa Quitéria, semiárido centro-norte cearense. Tem como finalidade analisar as condições físico-ambientais e aferir os reflexos e as interações dessa atividade no meio e suas consequências para os habitantes da região. Considera-se as possibilidades de contaminação do ambiente pela radioatividade, tendo em vista, as experiências de outros lugares com esse tipo de empreendimento minero-industrial. A abordagem sistêmica entendida a partir da análise integrada dos componentes geoambientais proposto em estudos já realizados, foi priorizada como metodologia revelando-se adequada por incorporar a variável ambiental e as influências socioeconômicas no processo de organização, planejamento e entendimento do espaço. Na concretização dos resultados foram utilizadas largamente as tecnologias a serviço da geografia, como sensoriamento remoto, geoprocessamento e sistema de informação geográfica. Assim, foram mapeados os 4.260km² de extensão do município em epígrafe segundo as condições lito estruturais com sistemas de falhas e lineamentos, a geomorfologia, a hipsometria, a declividade, os domínios hidrogeológicos, a drenagem superficial e fluxo subsuperficial, a delimitação das subbacias hidrográficas, os solos, a variação espaço-temporal da cobertura vegetal, os sistemas ambientais e a direção predominante dos ventos, temas amparados pela cartografia básica levantada. Pela análise comparativa foi possível constatar que o problema da mineração uranífera apresenta-se muito mais complexo do que o estereótipo veiculado pelo senso comum global. O desenvolvimento pretendido vem com problemas de difíceis soluções tanto no campo teórico quanto prático podendo, muitas vezes, serem respondidos pela perda do bem estar social, que no sertão significa o próprio estilo de vida, além de danos à saúde física e psicológica se não justificados pela concretização de estudos epidemiológicos, mas evidenciados pelo contexto do risco e das dúvidas levantadas por tal atividade.

Palavras-Chave: Mineração Uranífera. Planejamento Ambiental. Geoprocessamento. Semiárido.

ABSTRACT

This paper deals with the implementation process of uranium mine and phosphate and their respective processing plants located in the municipality of Santa Quitéria, semi-arid north-central Ceará. Its purpose is to analyze the physical and environmental conditions and measuring the reflections and interactions in the midst of this activity and its consequences for the region's inhabitants. It is considered the possibilities of environmental contamination by radioactivity, in view of the experiences of other places with this kind of mining and industrial development. The systemic approach understood from the integrated analysis of geoenvironmental components proposed by Souza (2000), was prioritized as revealing methodology is appropriate to incorporate the variable environmental and socioeconomic influences in the process of organizing, planning and understanding of space. In achieving the results were widely used technologies in the service of geography, such as remote sensing, GIS and geographic information system. So were mapped 4.260km² extension of the municipality in accordance with the above conditions litho structural systems faults and lineaments, geomorphology, the hipsometria, slope, hydrogeological domains, surface drainage and subsurface flow, the delimitation of subbacias hydrographic the soils, the spatial-temporal variation of vegetation, environmental systems and wind direction, supported by basic cartography topics raised. For comparative analysis, we determined that the problem of mining uranífera has become much more complex than the stereotype conveyed by common sense overall. The development comes with desired solutions of difficult problems both in theoretical and practical and can often be answered by the loss of social welfare, which means in the backcountry own lifestyle as well as damage to the physical and psychological health is not justified the implementation of epidemiological studies, but evidenced by the context of the risk and the doubts raised by such activity.

Keywords: uranífera mining, environmental planning, geoprocessing, semiarid.

Lista de Figuras

Figura 1: Representação do conceito de impacto ambiental.....	33
Figura 2: características técnicas das imagens utilizadas do satélite LandSat 5 TM.....	45
Figura 3: Composição R (7), G (4), B (2) Landsat5TM, comparação dos mosaicos antes e após a aplicação das técnicas de contraste.....	47
Figura 4: Informações que subsidiaram o mapeamento geomorfológico.....	49
Figura 5: interface de processamento no software SPRING 5.0.6 com suas respectivas informações.....	50
Figura 6: mapa de orientação das vertentes utilizado como base na delimitação automática da drenagem.....	53
Figura 7: banda 4 do LandSat5 TM com recursos hídricos segmentados para classificação supervisionada.....	54
Figura 8: Área georreferenciada do município de Santa Quitéria nos mapas de solos do RADAMBRASIL e SUDENE.....	55
Figura 9: Localização do município de Santa Quitéria.....	59
Figura 10: Condições geológicas e geomorfológicas de Santa Quitéria – Ce.....	81
Figura 11: Localização das províncias estruturais do escudo atlântico brasileiro com destaque para a província de Borborema e para domínio Ceará Central.....	63
Figura 12: Compartimentação geoambiental do Ceará com destaque para os sertões que abrangem Santa Quitéria.....	76
Figura 13: Relação e localização dos postos pluviométricos do município de Santa Quitéria.....	88
Figura 14: Balanço hídrico referente ao ano 2000, considerado um ano de totais pluviométricos normais para a área.....	89
Figura 15: Relação da oferta de água, referente aos meses do ano 2000.....	89
Figura 16: Condições Hidroclimáticas de Santa Quitéria, Ce.....	107
Figura 17: Características do armazenamento subsuperficial em terrenos do cristalino com falhas e fraturas.....	97
Figura 18: Localização, tipo, quantidade e profundidade dos poços de Santa Quitéria.....	99
Figura 19: Percentual do abastecimento de água advinda dos poços segundo suas finalidades.....	100

Figura 20: Volume do reservatório Edson Queiroz denotando a relação armazenamento/uso do ano 2011/2012.....	106
Figura 21: Fatores de formação dos solos.....	108
Figura 22: Localização da jazida de Itataia.....	122
Figura 23: Reportagens sobre a mina de Itataia.....	128
Figura 24: Movimentos Sociais.....	130
Figura 25: Áreas requeridas para a mineração.....	133
Figura 26: Imagem de satélite da mina de fosfato localizada no município de Tapira, MG. Tem como objetivo ilustrar comparativamente a atividade que será implantada em Santa Quitéria, Ceará.....	138
Figura 27: Fluxo sequencial da cadeia de atividades do Fósforo.....	139
Figura 28: elementos químicos provenientes do decaimento radioativo do U238 com o tipo de radiação emitido e tempo necessário exigido.....	141
Figura 29: Principais vias de interação da mineração uranífera radioativa com o meio ambiente e os seres vivos.....	146
Figura 30: Exemplos e localização de áreas com mineração de Urânio no Brasil e no mundo.....	148
Figura 31: Ciclo do Urânio no Brasil.....	150
Figura 32: Mapa de Localização do Município de Caetité, Bahia e da mina de urânio.....	152
Figura 33: Unidade de concentrado de Urânio – URA, Caetité, Bahia.....	154
Figura 34: processo de beneficiamento do minério de Urânio.....	156
Figura 35: Impactos ambientais e sociais em Caetité BA.....	170

Lista de Cartogramas

Cartograma 1: nível estático (ne) da água segundo as medições da CPRM.....	101
Cartograma 2: cartograma do nível dinâmico da água, segundo as informações da CPRM, 2012	102

Lista de Carta Imagem

Carta imagem do município de Santa Quitéria.....	61
--	----

Lista de Quadros

Quadro 1: síntese das características das unidades geotectônicas do Domínio Ceará Central....	66
Quadro 2: características dos sistemas produtores de chuva no Nordeste brasileiro.	84
Quadro 3: comparação das nomenclaturas dos solos segundo a EMBRAPA, 2006.....	111
Quadro 4: síntese da Compartimentação Geoambiental.....	Erro! Indicador não definido. 118
Quadro 5: síntese dos ambientes geotectônicos.....	124
Quadro 6: Fontes cinematográficas para aprofundamento da temática.....	151
Quadro 7: Principais denúncias de acidentes na mina e unidade de beneficiamento de urânio de Caetité – BA.....	166

Lista de Tabelas

Tabela 1: revisão de literatura de trabalhos como ramos científicos ligados à geografia realizados em Santa Quitéria.....	422
Tabela 2: relação das classes clinográficas com o modelado do relevo e suas respectivas extensões	75
Tabela 3: Reservas de rochas fosfáticas por unidades da federação – UF, com referência ao ano de 2007.....	135

Lista de Mapas

Mapa 1: Mapa Básico	60
Mapa 2: Mapa Litológico.....	65
Mapa 3: Mapa de Sistemas de Lineamentos, Contatos Litológicos e Modelo Digital de Elevação - MDT.....	68
Mapa 4: Mapa Geomorfológico.....	70
Mapa 5: Mapa Hipsométrico.....	72
Mapa 6: Mapa de Declividade.....	74
Mapa 7: Mapa de Recursos Hídricos Superficiais.....	92
Mapa 8: Mapa de Domínios Hidrogeológicos.....	94
Mapa 9: Mapa de Delimitação de Subbacias.....	98
Mapa 10: Mapa de Fluxo Subsuperficial.....	104
Mapa 11: Mapa Pedológico.....	110
Mapa 12: Mapa de Variação Espaço-Temporal da Vegetação	116
Mapa 13: Mapa de Sistemas Ambientais.....	120
Mapa 14: Mapa de Detalhamento Geológico da Jazida e Áreas Circunjacentes.....	126
Mapa 15: Mapa de Modelo Digital do Terreno de Caetité, Bahia.....	158
Mapa 16: Mapa da Área de Influência Direta da Mineração em Caetité na Bahia e espacialização dos poços analisados por Oliveira, 2005.....	160
Mapa 17: Mapa de Direção Predominante dos Ventos em Macroescala.....	165

Lista de Siglas

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental.

AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica.

ASD – Área Susceptível à Desertificação.

APP – Área de Preservação Permanente.

BNB – Banco do Nordeste do Brasil.

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DER-CE – Departamento Estadual de Rodovias do Estado do Ceará.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral.

DHESCA – Plataforma Brasileira de Direitos Humanos Econômicos, Sociais, Culturais e Ambientais.

DSR – Divisão de Sensoriamento Remoto.

DSI – Desenvolvimento de Sistemas de Informação.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

EIA – Estudo de Impacto Ambiental.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

GEOCONSULT – Consultoria, Geologia & Meio Ambiente Ltda.

GPS – Global Positioning System.

GLCF – Global Land Cover Faciliti.

IAIA - International Association for Impact Assessment

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

INGÁ – Instituto de Gestão das Águas e Clima da Bahia.

INB – Indústrias Nucleares do Brasil.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará.

LABGEO – Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Estadual do Ceará.

LAGEO – Laboratório de Geografia Física e Estudos Ambientais da Universidade Estadual do Ceará

LARRI – Labour Resource and Research Institute

MCT&I – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

MDT – Modelo Digital do Terreno.

MNT – Modelo Numérico do Terreno.

NEB – Nordeste Brasileiro.

NUCLEBRÁS – Empresas Nucleares Brasileiras S.A.

NUCLEI – Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A.

ONG – Organização Não Governamental.

ONU – Organização das Nações Unidas.

PAE-CE - Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca no Estado do Ceará.

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PZEE – Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil.

QGIS – Quantum GIS

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental.

SEMACE – Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará.

SRHCE – Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará.

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission.

SGB - Serviço Geológico do Brasil.

SAVI – Soil Adjusted Vegetation Index.

SIG - Sistema de Informação Georreferenciado.

SIBCS – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil.

TM – Thematic Mapper.

TRAMAS – Núcleo de Trabalho, Meio Ambiente e Saúde para a Sustentabilidade.

UC – Unidade de Conservação.

UECE – Universidade Estadual do Ceará.

UFC – Universidade Federal do Ceará.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

UTM – Universal Transverso de Mercator.

URA – Unidade de Concentrado de Urânio.

ZA – Zoneamento Ambiental.

ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico.

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical.

Sumário

Resumo.....	VIII
Abstract.....	XIX
Lista de Figuras.....	X
Lista de Cartogramas.....	XII
Lista de Carta Imagem.....	XII
Lista de Mapas.....	XIII
Lista de Quadros.....	XII
Lista de Siglas.....	XIV
Lista de Tabelas.....	XII
1. Introdução	19
2. Referencial Teórico-Metodológico e Abordagem Temática	24
2.1. Teoria Geossistêmica aplicada aos estudos ambientais.....	24
2.1.1.Planejamento ambiental no contexto da geografia	27
2.2.2 Previsão de Impactos Ambientais.....	31
2.1.3. Zoneamento Ambiental sob a viabilidade das geotecnologias	37
2.2. Materiais e Procedimentos Técnico-Operacionais	41
2.2.1. Contribuições Teórico-Conceituais sobre a Área de Estudo.	41
2.2.2. Materiais	43
2.2.3. Estruturação da base de dados e Processamento digital das Imagens de Satélite.	45
3. Localização do Município de Santa Quitéria e Caracterização Geoambiental ..	58
3.1 Localização	58
3.2 Condições Geológicas e Geomorfológicas.....	62
3.3. Condições Hidroclimáticas.....	82
3.4 Características morfopedológicas e cobertura vegetal	108
3.5. Síntese da Compartimentação Geoambiental	117

4. Santa Quitéria no contexto da mineração fósforo-uranífera	121
4.1. Descoberta, localização e potencial mineral.....	121
4.2. Geologia e Tectônica da jazida.....	123
4.3. Morfologia da jazida e mineralizações.....	127
4.4 O projeto da mineração.....	127
5. Os minérios de Fosfato e Urânio em discussão.	133
5.1. O Fosfato	134
5.2. O Urânio e as implicações no ambiente e na saúde humana	139
5.3 Mineração de Urânio: a relação do local com o global	147
6. Reflexos e experiências da mineração de Urânio em Caetité, na Bahia: bases para uma análise comparativa dessa atividade em Santa Quitéria no Ceará.	152
6.1. Localização, características geoambientais e da mineração	152
6.2. Problemas Ambientais: denúncias e constatações.....	159
7. Considerações Finais	172
Referências	174

1. Introdução

O século XXI se inicia congregando problemas e desafios que levam a revisão de paradigmas já consolidados e a consideração de novos modelos que atendam à demanda econômica, social e ambiental impostas. Essa problemática é no mínimo complexa considerando as especificidades de cada região no atendimento de seus objetivos. É consenso que a base das soluções está na adoção de medidas que possibilitem o desenvolvimento dos diversos setores da sociedade com a máxima eficiência na utilização dos recursos naturais.

O Brasil, no cenário contemporâneo desponta economicamente como um país em crescimento. Entretanto, para se adequar à nova realidade deve buscar o equacionamento de soluções a médio-longo prazo voltado para atividades estratégicas como a do setor energético, que assume centralidade cada vez maior, no desenvolvimento da sociedade, assim como, soluções que visem à sustentabilidade das atividades enquanto consumidoras de recursos naturais.

Na tentativa de atender essa nova realidade, o País tem buscado uma diversificação em sua matriz energética com investimentos em fontes de energias alternativas utilizando-se do potencial de seus recursos naturais tanto renováveis quanto não renováveis. Destaque para a política de utilização e fortalecimento da energia nuclear que envolve um complexo ciclo que gera expectativas, desafios e controvérsias em escala local, nacional e internacional. Isso se evidencia devido ao ciclo do elemento nuclear, isto é, do urânio que vai desde a exploração do recurso mineral até a utilização final em usinas nucleares e demais atividades.

Frente à diversidade de fatores e atores que justificam e/ou criticam e até desmistificam a utilização da energia nuclear tem-se o processo de mineração que é inerente à primeira fase dessa cadeia e se apresenta, na atual circunstância em nosso país, como um dos mais nocivos ao meio ambiente. O comportamento dos empreendimentos minerários, em boa parte, tem há muito deixado um rasto social, econômico e ambiental desagradável através de minas abandonadas, recursos hídricos contaminados, terrenos com drenagens ácidas, cidades fantasmas e uma série de atos negligentes.

Nesse contexto, evidenciam-se as áreas com potencial elevado de minério de urânio, particularmente a região de Itataia, no município de Santa Quitéria no Ceará. Os habitantes dessa região convivem, historicamente, com a ideia de exploração dessa

jazida. Atualmente, a consolidação desse processo é um fato, pois a Indústrias Nucleares do Brasil – INB reconhece o potencial de minérios da região e anunciam a implantação do complexo industrial para a exploração de fosfato e urânio. Segundo, a Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, (2007) o Brasil possui, a sexta maior reserva geológica de Urânio do mundo, que corresponde a cerca de 309.000t de U_3O_8 . A área em estudo concentra aproximadamente 142.500t das reservas nacionais fato que reforça a exequibilidade desse projeto.

O município de Santa Quitéria localiza-se, na porção norte-noroeste, do estado do Ceará e possui uma área de 4.260 Km². A riqueza do município medida pelo Produto Interno Bruto – PIB setorizado aponta que os serviços lideram a economia seguida pela agropecuária e pela indústria (CEARÁ/IPECE, 2009). O Índice de Desenvolvimento Humano - IDH que avalia o bem-estar da população é considerado baixo. (PNUD, 2000) Esses índices denotam o tímido desenvolvimento socioeconômico e reforçam a necessidade de melhorias para a população local.

No entanto, de acordo com Ab'Saber, (1999) nenhuma solução ou feixe de soluções dirigidas para a resolução dos problemas dos municípios do Nordeste seco poderá abstrair o comportamento do seu meio ambiente, inclusive no que diz respeito à fisiologia da paisagem, aos tipos de tecidos ecológicos e à utilização adequada dos escassos recursos hídricos disponíveis.

É notório que a exploração de recursos naturais para suprir as necessidades do homem tem se tornado um processo, cada vez mais desafiador tanto pelo ponto de vista da escassez e não renovação desses recursos quanto pelo seu aproveitamento integral e inadequado ecologicamente, principalmente quando se almeja que as gerações vindouras usufruam também desses recursos.

O desenvolvimento de uma atividade como essa que envolve processos de movimentação de terra, alteração de drenagens dentre outras operações comum à mineração tornam a referida atividade bastante impactante podendo ocasionar alterações significativas nos ciclos biogeoquímicos dos seres vivos, na sociedade e no meio ambiente. Logo, sua consolidação exigirá atitudes concretas de conhecimentos sobre a dinâmica natural dos sistemas ambientais e as dinâmicas socioeconômicas locais, tendo em vista, a complexidade da atividade mineradora em si e seus possíveis desdobramentos. O conhecimento pormenorizado dos componentes geoambientais é imprescindível para um aperfeiçoado planejamento e ordenamento territorial em que se conjuguem o desenvolvimento almejado respeitando as bases legais, a sociedade e a

natureza. Da mesma forma que se faz necessário uma transparência na implantação e gestão dessa atividade considerando sua irremediável exequibilidade.

Além disso, a implantação de atividades que buscam o propalado desenvolvimento socioeconômico de uma região necessita de um olhar crítico, capaz de discernir os diferentes discursos anunciados, sobretudo, quando a exploração dos recursos naturais é o principal meio para atingir esse objetivo.

Na busca por meios de compatibilização e adequação das atividades produtivas, de uso e ocupação dos espaços com a preservação e conservação da natureza a geografia física se insere como ciência que estuda as bases físico-territoriais, bem como as potencialidades e limitações do meio e oferece subsídios de caráter qualitativos e quantitativos aos estudos de planejamento ambiental e ordenamento territorial permitindo a avaliação e dimensionamento dos efeitos decorrentes das ações humanas ao longo do tempo visando, ainda, fortalecer a busca pelo desenvolvimento sustentável.

A concepção conjuntural de análise que a geografia propõe sobre o espaço remete a entender e compreender a maneira como o homem organiza as suas formas de produção e se utiliza dos recursos naturais.

A pesquisa justifica sua relevância a partir de três eixos: o natural, o social e o econômico. Em outubro de 2008, foi realizada na Namíbia (África), a Conferência “*Uranium: a blessing or a curse?*” que discutiu sobre a mineração de urânio. Diversos países apresentaram resultados realizados em áreas de minerações uranífera e “todos foram unânimes em demonstrar o quanto nocivo é a mineração de urânio tanto para o meio ambiente quanto para a saúde, não apenas para os trabalhadores diretamente envolvidos, mas para a população que vive na região” (SUCHANEK E SUCHANEK, 2008).

No entanto, os direcionamentos das políticas estratégicas, principalmente nos países desenvolvidos, apontam uma alta demanda de urânio para o abastecimento de termonucleares e atividades afins. O Brasil segue essa tendência a partir da retomada dos investimentos em usinas nucleares, como a de Angra III. Segundo a Empresa Estatal de Pesquisa Energética – BRASIL/EPE (2006), o Brasil que atravessa uma conjuntura de escassez de energia, inevitavelmente terá de considerar a possibilidade da geração núcleo-elétrica vir compor uma fração mais significativa da matriz energética nacional, o que exigirá a necessidade de se planejar o suprimento de urânio, além do que já é demandado pelos dois reatores de Angra dos Reis. Além do mais, para a INB (2006) os estudos de prospecção e pesquisas geológicas foram realizados em apenas

25% do território nacional. O País possui, ainda, ocorrências uraníferas associadas a outros minerais, como as encontradas nos depósitos de Pitinga no Estado do Amazonas e área de Carajás, no Estado do Pará, com um potencial adicional estimado de 150.000t. Alega-se ainda a não emissão de gás carbônico na atividade energética nuclear.

Portanto, mesmo com as dúvidas e contradições a utilização dessa energia e a consequente mineração do urânio figuram no país como um plano de ação viável tanto para abastecimento interno como para possíveis exportações.

O ineditismo dessa abordagem gira em torno do complexo ciclo da mineração uranífera no estado do Ceará, onde os estudos integrados permitiram conhecer o espaço e prognosticar ações que minimizem os impactos negativos e potencializem os impactos positivos.

O vínculo com o tema ocorre devido à inquietação de conhecer a fundo as mútuas relações entre as variáveis geoambientais e seus inter-relacionamentos com essa atividade e os desdobramentos para a sociedade, bem como, numa tentativa de contribuir com a sustentabilidade nas regiões semiáridas. A instigação não encerra no conhecimento, mas avança a fim de uma aplicação prática que, no mínimo, dê ciência à sociedade sobre as características da região e as proposições consideradas corretas à luz do ecodesenvolvimento, e sirva também como instrumento de referência para posteriores estudos e análises sociais, jurídicas, políticas e ambientais que compartilhem dos mesmos objetivos aqui elencados. Nesse consentimento atina-se, ainda, a importância para a ciência geográfica no sentido de revelar a essência dessas transformações observando os processos concernentes ao seu objeto maior o espaço.

O trabalho tem como objetivo geral realizar a caracterização geoambiental e avaliar os possíveis impactos ambientais da exploração mineral estratégica do fosfato e do urânio no município de Santa Quitéria – Ceará.

Para atender essas proposições busca-se como objetivos específicos:

- Estabelecer a compartimentação dos sistemas ambientais e executar mapeamento temático utilizando produtos de sensoriamento remoto e geotecnologias;
- Elaborar diagnóstico dos sistemas ambientais a partir da análise sistêmica do meio físico.

- Realizar uma análise comparativa das áreas de mineração uranífera do Brasil no intuito de expor e analisar os principais impactos gerados de forma que venham subsidiar o planejamento estratégico e esclarecer a sociedade sobre os reais riscos dessa atividade na área em estudo.

2. Referencial Teórico-Metodológico e Abordagem Temática

A ciência deve estar a serviço da comunidade, no intuito de sanar problemas e alcançar soluções que sejam no mínimo de interesse coletivo. Nessa perspectiva a geografia se manifesta com elevado potencial quando estuda e esmiúça as relações entre sociedade e natureza, sobretudo, em um período de transição em que tradicionais atividades e velhos paradigmas têm que alcançar novas alternativas com significados incomensuráveis que devem responder simplesmente pela manutenção e sobrevivência dos seres vivos.

A partir dessa visão busca-se contemplar conceitos e categorias de estudo que menos se limite no alcance das proposições apresentadas e contemple a relação sociedade-natureza a partir de uma visão sistêmico-holística que sejam no mínimo passíveis de aplicações práticas.

2.1. Teoria Geossistêmica aplicada aos estudos ambientais

As tentativas pormenorizadas de estudos físicos da terra têm nos últimos tempos encaminhado a geografia física aos estudos da paisagem sob a concepção sistêmica devido à clareza e concisão dos resultados apresentados. Bertrand, (1974 *apud* PASSOS, 2007, p. 02) ao estudar a paisagem afirma que analisá-la é colocar um problema de método. Nesse sentido, Nascimento e Sampaio, (2005) afirmam que a teoria sistêmica tem-se configurado como método eficaz nos trabalhos modernos e contemporâneos dessa ciência.

No entanto, os estudos ambientais, de caráter físico geográfico nem sempre trataram as correlações entre os elementos da natureza, perpassando por paradigmas descritivos e classificatórios, genéticos e setoriais que apresentaram certa importância na evolução dos métodos de pesquisa no campo das ciências da natureza, mas tiveram limitações, como os estudos setorializados com concepções positivistas. A propósito Rodrigues, (2001, p.70) tratando da teoria geossistêmica diz que é razoável pensar que uma das fontes de inspiração dessa teoria, bem como de outros modelos que visam à integração do meio físico-biótico tenha sido a própria escola dos naturalistas do século XIX.

A gênese do paradigma geossistêmico está interligada ao desenvolvimento da Teoria Geral dos Sistemas – TGS de Bertalanffy, (1933), assim como, ao conceito de ecossistema proposto por Tansley, (1935) e se evidencia na geografia a partir da década 1960. Para Magalhães *et al* (2010) ela surge em detrimento à teoria mecanicista que não abarcava mais o desejo científico de entender os problemas postos [...] na geografia aflora com as concepções integradoras que dariam origem a concepção geossistêmica (p.5).

É notório que os estudos em geografia, sobretudo os ambientais têm se baseado amplamente ao longo do tempo nas proposições sistêmicas como recurso metodológico, sobretudo, nos estudos da paisagem. Para Oliveira, (2003, p.04) os estudos relacionados às questões ambientais têm considerado, já de longa data, a abordagem sistêmica na estruturação de metodologias aplicadas que atendam às necessidades de planejamento, em que o meio natural, considerado um sistema, seja analisado em sua estrutura e, principalmente, em sua dinâmica, tendo o homem como agente ativo nas relações intrínsecas do meio ambiente. Nesse entendimento (SOUZA, 2006) destaca que:

“Os resultados e experiências alcançados nas últimas décadas se baseiam em modelo sistêmico, revelando-se adequado para incorporar a variável ambiental ao processo de organização territorial. Parte-se do pressuposto de considerar o ambiente como um sistema complexo que deriva das relações mútuas e interações entre componentes do potencial ecológico e componentes da exploração biológica. Essas relações assumem uma complexidade maior quando são incorporadas às variáveis socioeconômicas.” p. 16.

O modelo geossistêmico integra as estruturas bióticas e abióticas (rocha, água, ar, animais, vegetais, solos) da superfície terrestre, além dos elementos antrópicos (econômicos e sociais).

A teoria geossistêmica traz como ponto principal de partida o conceito de geossistema – sistema geográfico ou sistema territorial natural (BERUTCHACHVILI E BERTRAND, 1978). De acordo com Troppmair, (2004, p. 80) ele trouxe o direcionamento para sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos.

“O geossistema representa dados oriundos de combinações parciais como as dos fatores morfo-estruturais, hidroclimáticos

ou hidromorfológicos. Das relações entre tais componentes criam-se condições para uma exploração biológica, resultando em um espaço onde o uso e ocupação pelo homem tende a adquirir características próprias” (SOUZA, 2007, p. 127).

O conceito de geossistema foi proposto por Sotchava em 1962 e metodologicamente aperfeiçoado por Bertrand em 1968. Segundo Mendonça, (2001) para Sotchava chegar ao termo/método de geossistema utilizou-se principalmente dos princípios sistêmicos e da noção de paisagem.

“Geossistema é a expressão dos fenômenos naturais, ou seja, o potencial ecológico de cada espaço no qual há uma exploração biológica, podendo influir fatores sociais e econômicos na estrutura e expressão espacial, porém, sem haver necessariamente, face aos processos dinâmicos, uma homogeneidade interna” (MENDONÇA, *op cit*, p. 49).

Sotchava buscava nessa conceituação uma forma de entendimento da dialética da paisagem. Sua grande preocupação foi estabelecer uma tipologia aplicável aos fenômenos geográficos em substituição ao termo ecossistema, bastante adotados pelos biólogos e ecólogos. Portanto, em sua visão, pelo fato dos geossistemas se configurarem como sistemas dinâmicos, flexíveis, abertos e hierarquicamente organizados, com diferentes estágios de evolução temporal, todos os fatores devem ser considerados durante sua explicação e representação (ZACHARIAS, 2006, p71).

Para Nascimento e Sampaio, (2004) as críticas sobre a definição de Sotchava para geossistemas, são principalmente, devidas à ausência de uma maior precisão espacial em sua definição, bem como, pelo seu caráter pouco dialógico.

O mérito do francês Georges Bertrand se dá pela sistematização das análises na metodologia geossistêmica precisando melhor sua base espacial, propondo uma tipologia dinâmica, considerada na perspectiva do tempo e do espaço, que classifica os geossistemas em função de sua evolução e que engloba através disso todos os aspectos da paisagem (BERTRAND *apud* PASSOS, 2007, p. 24).

Para Bertrand, 1978 numa dada porção do espaço, a paisagem, é o resultado da combinação dinâmica, por isso instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos, que reagindo dialeticamente entre si, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Tentando estabelecer uma síntese da paisagem, Bertrand, (1968) propõe um sistema taxonômico que possibilita a classificação do geossistema em função da escala

baseando-se nas escalas têmporo-espaciais de inspiração geomorfológica de A. Cailleux e J. Tricart. Como resultado propôs as unidades superiores (zona, domínio e região) e as inferiores (geossistema, geofácia e geótopo) de forma que o geossistema é proporcionado pela dinâmica entre o potencial ecológico, exploração biológica e a ação antrópica.

De acordo com Souza, (2007, p. 128) o geossistema é admitido como um complexo dinâmico na perspectiva histórica de espaço-tempo muito breve onde sua variação interna e sua estrutura não apresenta, necessariamente, uma homogeneidade fisionômica sendo formado por paisagens diferentes que constituem os estágios de sua evolução. Para Ab'Saber, (1974) a passagem de um geossistema a outro é marcada por uma descontinuidade de ordem ecológica. Logo, a exploração biológica do espaço pode ser considerada como forma de definição do geossistema. Nascimento e Sampaio *op cit* afirma que os geossistemas são ambientes naturais, mas configuram-se com a interferência da sociedade, através de fatores culturais, sociais e econômicos em geral.

2.1.1. Planejamento ambiental no contexto da geografia

Nesse início de século, os olhares, os pensamentos e os estudos de muitos estão ávidos para a convergência dos conceitos e atitudes que refletem o desenvolvimento sustentável. “O princípio de sustentabilidade surge no contexto da globalização como a marca de um limite e o sinal que reorienta o processo civilizatório da humanidade” (LEFF, 2009, p.09). É nesse contexto que se apresenta esta pesquisa justamente no biênio em que o planeta terra, atinge sete bilhões de pessoas (ONU, 2011) e os planejadores e gestores anunciam, tardiamente, a insustentabilidade dos modelos de desenvolvimento que até pouco tempo se mostravam fortes e indissolúveis orientados para a extração, dilapidação e exaustão dos recursos da natureza. Esses pensamentos e essas atividades ainda resistem, porém encontram barreiras, certamente mais difíceis de que as de quarenta anos atrás.

As origens do movimento ambientalista contemporâneo remontam à tomada de consciência ambiental tendo como uma das obras precursoras a publicação, nos Estados Unidos, do livro *Silent Spring* da bióloga Rachel Carson em 1962. Um relatório de denúncias sobre os riscos deletérios trazidos pelos pesticidas, herbicidas e fungicidas sintéticos aos seres vivos.

Para Santos, (2004, p.17) o marco das preocupações do homem moderno com o meio ambiente deu-se, em 1968 com o Clube de Roma composto por empresários, cientistas e estadistas de diversas áreas do conhecimento e diversos países que discutiram o uso dos recursos naturais e o futuro da humanidade. Godoy, (2011) considera que um dos documentos mais importantes, em termos de repercussão entre os cientistas e os governantes, foi o relatório *Meadows* ou relatório do Clube de Roma publicado em 1972 que defendia uma contenção no crescimento econômico como forma de minimização dos impactos ao meio ambiente. “As ameaças à natureza e, portanto à sociedade criaram condições reais para o surgimento dos movimentos sociais organizados, formados principalmente por grupos de ecologistas de países desenvolvidos” (MENDONÇA, 2001, p.37)

No ano de 1972, a Organização das Nações Unidas realiza a Conferência sobre Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, com o objetivo de dar ciência sobre os severos custos ambientais ocasionados pelo homem na busca do desenvolvimento econômico, ficando a discussão entre as nações desenvolvidas e em desenvolvimento a cerca das disparidades socioeconômicas entre elas e os desafios para a contenção do uso dos recursos naturais e a consequente conservação e preservação do meio ambiente. Os principais resultados alcançados foram a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA, o Fundo Voluntário do Meio Ambiente para subsidiar os países em desenvolvimento e consequentemente um incentivo para as políticas ambientais sob a égide do planejamento.

A partir daí as questões ambientais ganham dimensões globais tanto pelo ponto de vista da preocupação real com o ambiente, pautadas na ética e no compromisso em busca de esclarecimentos e soluções sobre o caso como pela simples oportunidade de novos discursos e promessas mascarando velhos problemas. Para Santos, (2004, p.18) nos anos 1970 e início dos anos 1980 a conservação e a preservação dos recursos naturais e o papel do homem integrado no meio, passaram a ter função muito importante na discussão da qualidade de vida da população. Nesse período, os conceitos sobre planejamento, influenciados pelos estudos de impactos, sofreram uma reformulação na qual a questão ambiental foi amplamente contemplada.

Nessas duas décadas alguns esforços foram feitos na tentativa de lançar as bases que conciliassem a crise ambiental com o desenvolvimento socioeconômico, destaque para a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas – ONU, em 1983 e sua publicação, em 1987

denominada, “Nosso Futuro Comum” que oficializa o conceito de desenvolvimento sustentável e relata uma série de desmandos e problemas concernentes ao meio ambiente, e propõe ainda um novo encontro mundial para a discussão dessas crises.

Esse novo encontro se efetivou com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992, que consolidou as políticas e técnicas do desenvolvimento sustentável. Segundo Souza, (2003, p. 143) a concepção de desenvolvimento sustentável tem como pressuposto fundamental a possibilidade de manter-se no tempo e no espaço. Para atender esse objetivo foi lançada a Agenda 21 que dentre os demais temas contemplou o planejamento como um dos preceitos da sustentabilidade.

No contexto das políticas e ações que foram sendo desenvolvidas paralelamente às questões ambientais, como estudos, análises, planejamentos, previsão de impactos, zoneamentos dentre tantos com o adjetivo ambiental que buscam harmonizar o desenvolvimento econômico com a racional utilização dos recursos naturais pode ser percebido a necessidade de um conhecimento profícuo das bases físico-territoriais, assim como, as relações das causas e consequências de ações da sociedade sobre a natureza. Nesse sentido Ross, (2009, p. 53) afirma ser imprescindível o entendimento da dinâmica do ambiente natural com ou sem intervenções humanas. Para Souza, (2003, p.151) a vertente geoambiental tem papel decisivo para a construção do desenvolvimento sustentável, ao lado de outras dimensões estratégicas de natureza econômico-social, científico-tecnológica e político-institucional. A realização dos estudos de análise ambiental, considerando as transformações possíveis em função dos projetos de uso do solo, nas suas diversas categorias, é exigência que se encaixa como medida preliminar, em face da política de desenvolvimento sustentável (CHRISTOFOLETTI, 1995, p.415).

A pesar de a discussão ambiental ser globalmente enfatizada ela ainda é incutida impropriamente por diversos atores de forma que, para muitos, não passa de um modismo épico já bastante discutido. Isso repercute na superficialidade do conhecimento das características físicas da terra, e na impropriedade no domínio conceitual dos termos ligados aos estudos ambientais. Nesse sentido os estudos geográficos tem subsidiado o equacionamento de soluções ligadas a essas questões.

A partir das décadas de 1970 e 1980, as pesquisas geográficas integradas voltaram-se para as questões ambientais, com destaques para os estudos de impacto ambientais, diagnósticos ambientais, zoneamento e planejamento

ambiental, culminando por fornecer as bases que subsidiam a gestão territorial com enfoque ambiental e com bases técnico-científicas no ZEE – Zoneamento Ecológico Econômico. (ROSS, 2009, p.147)

Para Monteiro, (2001) as premissas teóricas da geografia foram orientadas para os estudos das relações homem-natureza e avaliações das características de avaliação da qualidade ambiental, além da busca de aprimoramentos para aplicação dessa ciência no planejamento.

Nesse contexto, a atividade minero-industrial proposta para o município de Santa Quitéria suscita de bases que recaem no planejamento ambiental, tendo em vista, as ações de caráter preventivo sob a égide da solução de conflitos vindouros ligados ao uso da terra e a conservação ambiental, assim como as condições atuais e a consequente recuperação ambiental.

Parte-se do entendimento geral que o planejamento ambiental busca um ajustamento de ações às potencialidades, a vocação local e à sua capacidade de suporte, almejando o desenvolvimento racional da região e a manutenção das condições de qualidade do meio físico, biológico e social. Para Santos, (2004) trabalha-se enfaticamente, sob a lógica da potencialidade e fragilidade do meio, definindo e espacializando ocupações, ações e atividades.

Dessa forma, o processo de planejamento carece, essencialmente, de uma base operacional para que sejam implementadas as ações que orientem as atividades territoriais. Para Christofolletti, (1995, p. 417) isso constitui um processo que repercute nas características, funcionamento e dinâmica das organizações espaciais que obrigatoriamente devem levar em consideração os aspectos dos sistemas ambientais físicos e dos sistemas socioeconômicos. Logo, pode-se abordar a teoria sistêmica a partir da consideração do sistema ambiental como uma forma de organização espacial onde os elementos da natureza (bióticos e abióticos) recebem influência dos sistemas socioeconômicos, que por sua vez, altera os fluxos de matéria e energia dos sistemas naturais. A compreensão de um sistema a partir de elementos isolados não leva a sua explicação, no entanto, conhecer a totalidade das partes que integra, compõe e consequentemente interage e se relacionam, possibilita prever o comportamento de um determinado sistema, bem como, seu dinamismo no tempo e no espaço.

A visão sistêmica trouxe à geografia, e principalmente aos trabalhos voltados ao planejamento ambiental, novas maneiras de observar a paisagem, proporcionando inovadoras formas de entender a complexidade da natureza, abrindo caminho para estudá-la como um todo, a partir da integração de seus

elementos, em oposição à visão analítica, que recorta o todo em partes criando uma visão fragmentada (ZACHARIAS, 2006, p.64).

Sucintamente pode-se definir planejamento a partir de Santos, (2004) onde afirma que o processo de planejamento é um meio sistemático de determinar o estágio em que você está, onde deseja chegar e qual o melhor caminho para chegar lá. Dessa forma entende-se que o estágio atual é baseado no diagnóstico integrado dos sistemas ambientais, a compatibilização das atividades produtivas com a conservação e preservação do meio biótico e abiótico, resguardando a qualidade de vida, onde se deseja chegar e a forma para chegar lá é dada através das diversas proposições elencadas nas esferas políticas, sociais, econômicas e técnico-científicas que denotam a sustentabilidade.

2.2.2 Previsão de Impactos Ambientais

A capacidade de organização espacial e territorial de uma sociedade denota o quanto ela está preparada para solucionar problemas, que por sua vez, atualmente, recaem instintivamente nas questões ambientais, devido à consideração dos pressupostos da sustentabilidade como base para o desenvolvimento de qualquer nação. Abordar essa questão remete trabalhar diretamente com a antecipação de consequências ambientais advindas de atividades produtivas ou projetos desenvolvimentistas isso significa trabalhar com previsão de impactos ambientais.

Considerando essa miscelânea de acontecimentos inerente ao processo de transição de paradigmas vigente faz-se necessário parafrasear Ab' Saber, (2002) quando afirma que outrora, o grande atributo cultural do homem residia em sua capacidade de reconstituir a história das sociedades humanas e das espécies, no entanto, nesse novo milênio existe um novo desafio, qual seja o de prever o impacto das ações dos homens.

Essa necessidade é de suma importância para os países em desenvolvimento como o Brasil, pois mostra a capacidade de antever os rumos do desenvolvimento e consequentemente uma possível orientação na tomada de decisões buscando sempre a equidade social com vistas ao meio ambiente, além de permitir aperfeiçoamentos na legislação a partir de estudos concretos. Segundo Ab'Saber, (2002, p. 28) trata-se de uma espécie de antídoto para os desvarios do capitalismo selvagem, por meio do qual se

evitam radicalismos, ao mesmo tempo que se exigem correção e inteligência na construção do futuro.

A previsão de impactos ambientais surge, nas últimas quatro décadas, como resultado do pensamento das diversas implicações das ações do homem no presente e suas consequências no futuro exigindo para isso investigações interdisciplinares e holísticas. No entanto, esse simples pensamento vem sendo de difícil compreensão para o modelo de desenvolvimento atual que tem na reprodução do capital sua principal meta, que por sua vez, se materializam nas grandes corporações produtivas que estimulam o consumo e estabelecem a contenção de gastos.

Frente às dificuldades, sobretudo políticas, de implantação dos estudos de previsão, prevenção e avaliação de impactos ambientais deve se balancear os custos ecológicos, sociais e econômicos da recuperação dos danos e passivos ambientais já produzidos em que as consequências tendem a ocorrer em cadeia tornando-se, muitas vezes, irreparáveis. Nessa trama o papel do estado é de regular e fiscalizar através da legislação pertinente.

Indistintamente, a necessidade de estudos ambientais voltados para as regiões semiáridas do nordeste brasileiro já se justificam, por si mesmo, devido a sua diversidade de quadros paisagísticos, da alta vulnerabilidade dos sistemas ambientais, do baixo grau de diferenciação dos espaços sociais e econômicos, do histórico de perdas e desmandos advindos de ordens políticas, problemas e carências nas atividades produtivas repercutindo em uma geografia humana sofrida e em espaços naturais praticamente desprovidos de uma auto-organização. (AB'SABER, 1999; NASCIMENTO, 2006; SOUZA, 2000, 2003). Soma-se a essa gama de justificativas a implantação da atividade de exploração mineral fosfato-uranífera que ocorrerá na porção sudeste do município de Santa Quitéria.

Como proposta básica de entendimento da avaliação de impactos ambientais deve-se analisar as alterações ocorridas no meio ambiente a partir de atividades impactantes. Impacto ambiental é descrito por Wathern, (1988, p.7) como a mudança em um parâmetro ambiental, ao longo de um período especificado e compreendendo uma determinada área, sendo o resultado de uma atividade particular ocorrida, de forma que possa ser comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido implantada. (Figura 1).

O impacto ambiental se configura como sendo uma modificação do meio ambiente provocada pela ação do homem e a mesma pode ser benéfica ou adversa.

Sánchez, (2008 p. 32) a define como “alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”. Para Santos, (2004, p. 110) o impacto ambiental, no contexto do planejamento, é compreendido como toda alteração perceptível no meio, que comprometa o equilíbrio dos sistemas naturais ou antropizados, podendo decorrer tanto das ações humanas como de fenômenos naturais. É passível de entendimento fazer a distinção entre a causa e a consequência do impacto, isto é, a mina e a unidade de beneficiamento do minério não é o impacto, mas sim seus desdobramentos, ou seja, suas atividades poderão causar o impacto. Isso se evidencia a partir da manifestação nos receptores sejam eles elementos bióticos ou abióticos.

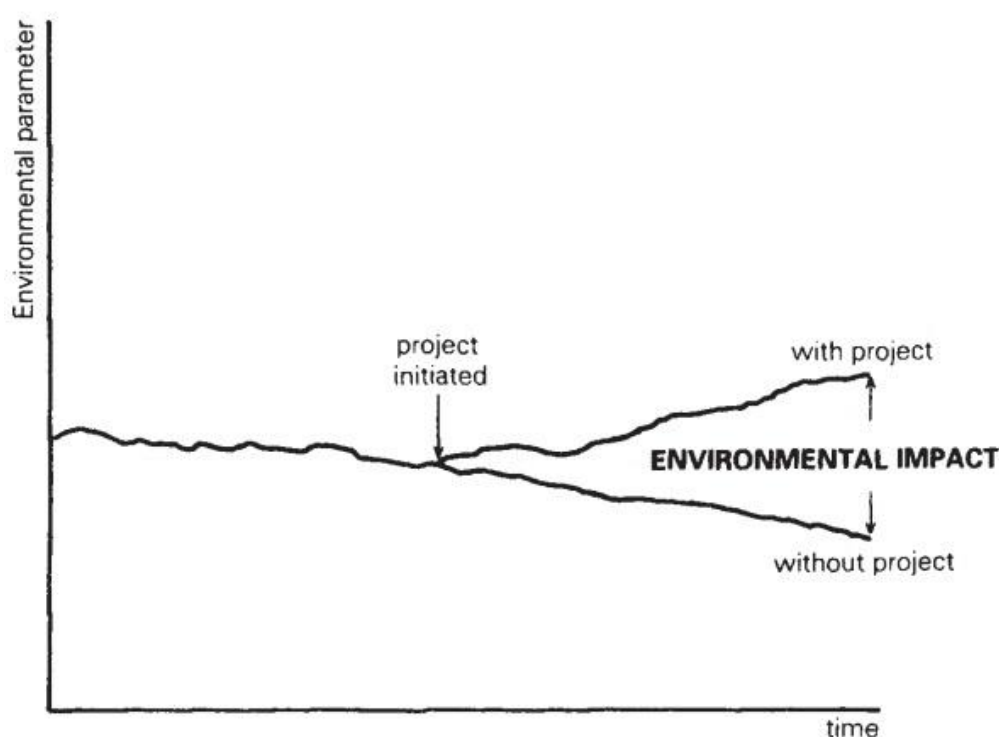


Figura 1: Representação do conceito de impacto ambiental.
Fonte: Wathern, 1988 p. 8

Os impactos podem ser classificados em efetivos, quando a atividade está posta e as consequências ocorrem no momento do estudo podendo ser analisada e medida no campo praticamente em tempo real. A outra classe refere-se aos impactos prováveis,

que poderá vir ocorrer com a implantação de uma determinada atividade, de forma que, se baseia em experiências já ocorridas que possuem certa similaridade na obtenção dos objetivos.

Os estudos de impacto ambiental calham à teoria sistêmica, sobretudo qualitativamente, a partir do entendimento de que o ambiente é dinâmico e os processos naturais (fluxos de matéria e energia, cadeias e teias de relações intra e interespecíficas) ocorrem indistintamente em sistemas ambientais conservados e degradados. Corrobora-se tal fato a partir de Sánches, (2008) quando afirma que uma das maneiras de se estudar os impactos ambientais é entender como as ações humanas afetam os processos naturais, ou seja, as inter-relações dessas ações com o potencial ecológico e a exploração biológica.

Os sistemas naturais, de forma geral, possuem a característica de auto-equilíbrio onde a capacidade de recuperação a partir de uma perturbação externa é máxima podendo ser definida pelo conceito de resiliência que segundo Westman, (1978) refere-se ao grau, forma e ritmo de restauração da estrutura inicial e função dos ecossistemas após a perturbação. Por sua vez, os ecossistemas são “sistemas integrados e auto-funcionante que consiste em interações dos elementos bióticos e abióticos, e cujas dimensões podem variar consideravelmente” (IBGE, 2004, p. 112). No entanto, as atividades do homem se inserem nesse contexto e podem alterar os processos naturais de forma complexa justificando então a necessidade de estudos, políticas e medidas que avaliem as consequências das atividades enquanto planos e projetos dando ciência à sociedade dos riscos e implicações das instalações propostas.

A noção de avaliação de impacto ambiental surgiu como um mecanismo legal da política ambiental com proposições arregimentadas em conjuntura jurídica com força de lei. Quem primeiro teve essa preocupação foi os Estados Unidos da América, que em 1969 incluiu em sua política nacional de meio ambiente os preceitos da AIA. Esse pioneirismo foi resultado de pressões sociais ligadas ao meio ambiente que, na década de 1950, já tomavam rumo naquele país que estava se consolidando como potência econômica mundial.

Nos Estados Unidos, a principal preocupação girava em torno da necessidade de se avaliar os impactos ambientais resultantes de grandes obras estatais. Uma vez que em grande parte desses empreendimentos predominavam aspectos sociais, como geração de empregos e crescimento inadequado das cidades, o procedimento metodológico mais comum continuava sendo custo/benefício e de alternativas técnicas de engenharia. Perdas ambientais e alternativas sociais não eram relevadas até então. A questão ambiental era

vista como um segmento à parte, ligada à sistematização do conhecimento da natureza e à política de protecionismo. (SANTOS, 2004 p. 17)

A partir daí os demais países desenvolvidos foram incorporando ações que recaiam nas políticas com vistas ao tratamento salutar das questões ambientais. Muito embora, essas decisões fizessem parte de estratégias de mercado, devido principalmente à gênese do movimento ambientalista e das iniciativas da Organização das Nações Unidas (ONU) que tinham consequências diretas nas prerrogativas das agências bilaterais e multilaterais de fomento e financiamento do desenvolvimento¹.

É nesse contexto que se insere os países em desenvolvimento e consequentemente buscam a institucionalização da AIA. No Brasil os fatores de influência externa foram importantes, mas a literatura considera também os movimentos pró-ecológicos internos, principalmente, devido à conjuntura política deste período, final de 1970 e início de 1980, em que os militares estavam no poder e almejava-se um significativo crescimento das atividades econômicas e sua incorporação à economia de mercado, além da expansão das fronteiras internas e dos grandes investimentos governamentais em infraestrutura que impactavam sobremaneira os sistemas ambientais. A propósito Sánchez (2008) afirma que no Brasil, parece ter ocorrido uma convergência entre as demandas colocadas por agentes externos e as demandas internas formuladas por determinados grupos sociais e diversos setores do movimento ambientalista que foi paulatinamente se firmando e legitimando seu discurso, de forma que, os impactos socioambientais dos grandes projetos estatais ou privados e do próprio modelo de desenvolvimento, receberam severas críticas por serem socialmente excludentes e ecologicamente destrutivos².

A avaliação de impactos ambientais tem se desenvolvido sob críticas e contestações. Tendo em vista ser um instrumento de políticas ambientais, o sistema e o processo que levam a sua viabilidade e aplicabilidade e consequentemente as suas funções estão muito a cargo dos tomadores de decisão, nesse processo a viabilidade ambiental de um projeto concorre diretamente com a viabilidade econômica tornando, na maioria das vezes, um embate desigual, visto que as decisões são verticalizadas e se ajustam ao jogo de interesse proposto pelo capital. Na prática as decisões têm mostrado

¹ Os maiores exemplos são o Banco Mundial e o Banco Interamericano de Desenvolvimento –BID

² Como exemplo tem-se as grandes hidrelétricas construídas no período.

ao longo do tempo que o bônus econômico de uma minoria tem se sobressaído ao ônus ambiental e social de uma maioria.

No entanto, abrir mão de instrumentos como esse é um retrocesso nas lutas em prol da conservação e defesa da natureza, por conseguinte à qualidade de vida da população, pois sua exigência condiciona no mínimo informações que dão base às negociações com vistas às melhorias.

A obrigatoriedade desses estudos significou um marco na evolução do ambientalismo brasileiro. Antes nos projetos de empreendimentos apenas eram consideradas as variáveis técnicas e econômicas, sem qualquer preocupação mais séria com o meio ambiente e, muitas vezes, em flagrante contraste com o interesse público. (MILARÉ, 2002, p. 52)

Além disso, se constitui como fundamental instrumento de planejamento e controle ambiental e tem como prerrogativa básica a obrigação de considerar os elementos ambientais nas ações implantadas no espaço tanto pelo poder público quanto pela iniciativa privada.

Mesmo diante de experiências pouco sucedidas no atendimento aos pressupostos práticos da AIA as teorias tem se multiplicado buscando abranger uma gama de assuntos intimamente ligados com os princípios da sustentabilidade. Para a IAIA, (1999, 2009) os objetivos da avaliação de impactos ambientais são:

- Assegurar que as considerações e informações ambientais sejam explicitamente expressas e incorporadas aos processos de decisão relativos às consequências biofísicas sociais, econômicas e institucionais de ações e propostas de desenvolvimento;
- Antecipar, prevenir, minimizar ou compensar impactos de significados negativos ao meio biofísico, social e outros relevantes ligados ao desenvolvimento;
- Promover a transparência e a participação do público nos processos de decisão;
- Identificar procedimentos e métodos para o seguimento (monitoração e mitigação das consequências adversas) ao longo dos ciclos de política, planejamento e projeto;
- Proteger a produtividade e a capacidade dos sistemas naturais e processos ecológicos em manter suas funções;

- Contribuir com o desenvolvimento ambientalmente seguro e sustentável, além de otimizar a utilização dos recursos e sua gestão;

Na literatura especializada é recorrente a distinção entre as alterações ocasionadas pelos fenômenos da própria natureza que são denominados de efeitos ambientais e os provocados pela ação humana que seriam os impactos ambientais propriamente ditos. (SÁNCHEZ, 2001; SANTOS, 2004).

Pelo motivo de estar diretamente ligados ao planejamento ambiental, os critérios da AIA atendem a demanda estabelecida pelos planejadores que devem sistematizar o processo definindo metodologias e estratégias para sua execução. Logo,

É preciso ter em vista o cenário preexistente de ocupação espacial e qualidade ambiental, assim como os possíveis cenários a serem criados em diferentes profundidades de tempos futuros. Os limites desses tempos não podem ultrapassar o curto e o médio prazo; porque senão seria um puro exercício de adivinhação, subjetivo e irreal (AB' SABER 2002, p. 29).

Os estudos integrados em geografia física tem possibilitado o conhecimento da dinâmica ambiental, através de diagnósticos, sobretudo, do meio físico que por sua vez, têm se tornado ao longo do tempo fator fundamental e preponderante nas metodologias de estudos ambientais. Parafraseando Souza (2010) a necessidade de percepção do conjunto considerada como requisito para análise ambiental integrada, presume a consideração dos mecanismos que integram harmonicamente a natureza, considerando a sua complexidade e heterogeneidade. Isso requer a adoção de metodologias e técnicas de pesquisas que visem à compreensão concomitante e integral dos elementos que representem condições potencialmente positivas ou limitativas para a utilização dos recursos naturais.

2.1.3. Zoneamento Ambiental sob a viabilidade das geotecnologias

Considerar as formas históricas de uso e ocupação da terra nos ambientes sertanejos já remete a uma necessidade básica de atendimento aos pressupostos de manutenção dos recursos naturais. Aliando essas práticas às novas atividades

produtivas, que não necessariamente estão em consonância com as potencialidades ambientais dessas regiões semiáridas, aludi diretamente a proposição de estudos como os de zoneamento ambiental.

Essas proposições, no Brasil, são norteadas pelo Programa de Zoneamento Ecológico-Econômico – PZEE que objetiva subsidiar as políticas territoriais concentrando esforços para tomada de decisões nos mais diversos níveis e conseqüentemente na adoção de políticas convergentes com as diretrizes de planejamentos estratégicos, propondo soluções de proteção ambiental que considerem a melhoria nas condições de vida da população humana e a redução dos riscos de perda de capital natural (MMA, 2001). Pode se afirmar que busca meios para viabilizar a sustentabilidade a curto, médio e longo prazo.

No campo teórico os conceitos e definições traduzem a diversidade natural das paisagens do extenso território brasileiro tornando difícil, por vezes, conclusões herméticas ou únicas sendo sensato percorrer algumas das principais visões para o melhor entendimento.

O marco legal do ZA parte da Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA pela lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, e sua posterior regulamentação pelo Decreto 4.297 de 10 de julho de 2002 que o designa como ZEE definindo-o da seguinte forma:

“Art. 2º. O ZEE, instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.”

Para Becker & Egler, 1996, o ZEE é um dos instrumentos para a racionalização da ocupação dos espaços e de redirecionamento de atividades, subsidiando as estratégias e ações para elaboração e execução de planos que busquem o desenvolvimento sustentável possibilitando munir os governos de base técnica para a espacialização das políticas públicas com vistas ao ordenamento territorial.

Segundo Ab’Saber, (1989) a aplicação ou utilização do ZEE exige método, reflexão e estratégias próprias para cada espaço geográfico, segundo, sua realidade social. No entanto, não pode prescindir uma multidisciplinaridade, tendo em vista, o levantamento de potencialidades e vocações naturais, sociais e econômicas. “Estabelecer as bases de um ZEE em uma determinada conjuntura geográfica equivale a

realizar um estudo para determinar a vocação de todos os subespaços que compõem um certo território, e efetuar o levantamento de suas potencialidades econômicas, sob um critério basicamente ecodesenvolvimentista”. (AB’SABER, *op cit*, p.4). O referido autor alude ainda à possibilidade de delimitação e reconhecimento das áreas protegidas pela legislação ambiental como APPs e UCs.

Ross (1995, 2009) afirma que perseguir as proposições do zoneamento ambiental é considerar as potencialidades do meio natural a partir de informações advindas da integração dos campos técnico-científicos de forma que as políticas de desenvolvimento conjuguem relações harmônicas entre sociedade e natureza tendo como finalidade o ordenamento territorial sob a ótica conservacionista. Nesse contexto, propõem diretrizes a serem atingidas através de:

“Ações corretivas e preventivas: para incrementar ou conservar os ambientes naturais e valorizar a cultura da população envolvida; programas de incentivo: para incrementar as atividades econômicas compatíveis com a fragilidade dos sistemas ambientais, dos padrões culturais, sociais e econômicos; meios institucionais: para definir uma articulação político-institucional de gestão integrada, implementada pelos órgãos de Estado” (ROSS, 2009, p. 149).

Santos, (2005) compreende o zoneamento como uma forma de compartimentar o espaço, segundo as características de sua dinâmica, congregando em áreas homogêneas (zonas) as que tendem a uma estrutura e funcionamento uniforme. Nesse sentido apresenta como prerrogativa básica o conhecimento da organização do espaço em sua totalidade e em suas especificidades a ponto de fazer distinções entre as unidades e analisá-las de forma integrada.

“Zoneamento é, antes de tudo, um trabalho interdisciplinar predominantemente qualitativo, mas que lança mão do uso de análise quantitativa, dentro de enfoques analítico e sistêmico. O analítico refere-se aos critérios adotados a partir do inventário dos principais temas, enquanto que o sistêmico refere-se a estrutura proposta para a integração dos temas e aplicação dos critérios, resultando em síntese do conjunto de informações” (SANTOS *op cit*, p133).

Tais estudos consistem no processo de prever e avaliar os impactos de uma atividade humana sobre as condições do meio ambiente e delinear procedimentos a serem utilizados preventivamente, para mitigar ou evitar tais efeitos (CHRISTOFOLETTI, 1995, P.428).

Em consonância com os marcos legal e conceitual Souza e Oliveira, (2011, p. 55) traduzem os requisitos do zoneamento em **“compreensão do território”** proposta de divisão territorial em que possa ser ordenada as atividades de acordo com as “potencialidades e os limites de tolerância dos sistemas ambientais e de suas condições ecodinâmicas”; **“sustentabilidade Ambiental”** perseguindo a máxima eficiência na exploração e utilização dos recursos naturais e consequentemente subsidiando as necessidades das gerações vindouras; **“abordagem sistêmica”** garantindo a imprescindível multidisciplinaridade com repercussões diretas na “delimitação dos sistemas e das zonas” e a **“valorização da interdisciplinaridade e elaboração de cenários”** percebe-se nesse requisito o valor da abordagem sistêmica que vai repercutir no êxito do trabalho e consequentemente no planejamento do qual ele faz parte, além de mostrar os resultados atingidos através dos cenários.

Na prática muitos entraves de ordem política, institucional, metodológica, dentre outras, precisam ser exaustivamente equacionadas para execução plena e satisfatória dos zoneamentos, muito embora, algumas questões de ordem técnica podem ser solucionadas através do conjunto de geotecnologias associados às informações de sensoriamento remoto, sobretudo, orbital.

Com o direcionamento de contribuir com a viabilização prática (técnica) dos ZEEs e consequentemente do planejamento ambiental as geotecnologias têm se apresentado como solução pertinente, pois integram cartografia, banco de dados georreferenciado, produtos de sensoriamento remoto e modelagem em um ambiente computacional representado pelos SIGs. Isso significa a possibilidade de tratamento integrado de uma grande massa de dados e temas tendo como base o espaço geográfico.

2.2. Materiais e Procedimentos Técnico-Operacionais

O processo de conhecimento científico exige para sua validação a concatenação de elementos teóricos, metodológicos, e técnicos. A partir dessas premissas corrobora-se Venturi, (2005) ao afirmar que o método auxilia a organização do raciocínio ao passo que a técnica auxilia na organização e sistematização das informações, ou seja, este no plano do fazer e aquele no plano do pensar de forma que “o domínio das técnicas pode assegurar ao cientista maior confiabilidade e controle sobre os dados que irão subsidiar seus argumentos” p.14.

Os trabalhos foram sistematicamente executados ao longo desses vinte e um meses seguindo as fases de gabinete (teoria e execução de mapeamento) e de campo (visitação às instituições de interesse; coleta e validação dos dados produzidos).

2.2.1. Contribuições Teórico-Conceituais sobre a Área de Estudo.

Segundo Alves (1992, p. 54) essa atividade “tem por objetivo iluminar o caminho a ser trilhado pelo pesquisador, desde a definição do problema até a interpretação dos resultados” nesse sentido procedeu-se ao levantamento bibliográfico que contemplou as bibliotecas da Universidade Estadual do Ceará – UECE e Universidade Federal do Ceará – UFC, os bancos de dissertações do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE e do Mestrado em Geologia da UFC. Anais e Periódicos na área de geografia e interdisciplinares. As pesquisas se estenderam as instituições publicas e privadas como CNEN, INB, SEMACE e acervos do LAGEO, LABGEO, além das pesquisas na rede mundial de computadores, sobretudo, no compartilhamento de arquivos geocartográficos, e informações ligadas às complexidades do urânio, notadamente o DSR/DSI/INPE, TOPODATA, GLCF e AIEA respectivamente.

Foi procedida uma revisão de literatura contemplando especificamente trabalhos referentes à Santa Quitéria no intuito de conhecer o nível de aprofundamento das investigações científicas com ramos ligados à geografia e consequentemente traçar as reais contribuições desta pesquisa à sociedade. Os principais trabalhos levantados foram:

Tabela 1: revisão de literatura de trabalhos como ramos científicos ligados à geografia realizados em Santa Quitéria.

Título	Autor (es)	Ano
Análise Geoambiental e Mapeamento das Áreas Degradadas e Susceptíveis à Desertificação na Bacia Hidrográfica do Rio Acaraú (Ce): Geoprocessamento Aplicado ao Manejo e Conservação dos Recursos Naturais	Marcos José Nogueira de Souza; Maria Lúcia Brito da Cruz; Flavio Rodrigues do Nascimento.	2010
Levantamentos Geológicos Básicos. Geologia da Folha Itatira –SB.24-V-B-V. Escala 1:100.000 nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem. CPRM/UFC.	Afonso Rodrigues de Almeida, Clovis Vaz Parente, Michel Henry Arthaud	2007
Isótopos de carbono e oxigênio dos mármores associados com o depósito fósforo uranífero de Itatira, Ceará.	Givaldo Lessa Castro, Clovis Vaz Parente, César Ulisses Vieira Veríssimo, Alcides Nóbrega Sial, Maria Da Gloria Motta Garcia, Roberto Ventura Santos, Rafael Castro De Melo, Aldiney Almeida Santos	2005
Caracterização hidrogeológica da jazida de Itatira-Ce	José Roberto de Alcântara E Silva	2004
Estudo e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) do Projeto Santa Quitéria, Fazenda Barrigas.	GEOCONSULT-Consultoria, Geologia e Meio Ambiente LTDA.	2004
Caracterização litoestrutural e geocronológica da região fósforo-uranífera de Itatira-ce.	Aldiney Almeida Santos	2003
Recursos Minerais Energéticos: Carvão e Urânio <i>in</i> : Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil (CPRM)	Aramis J. Pereira Gomes, Paulo Roberto Cruz, Lindemberg Pinheiro Borges.	2003
Litogeoquímica e isótopos estáveis de carbono e oxigênio das rochas metassedimentares hospedeiras da jazida fósforo-uranífera de Itatira-Santa Quitéria – Ce.	Givaldo Lessa Castro	2001
Programa de recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado do Ceará (CPRM): Diagnóstico do Município de Santa Quitéria	Org. Jaime Quintas dos Santos Colares, Fernando A. C. Feitosa	1998
Contribuição ao estudo das mineralizações fosfática e uranífera da jazida de Itatira – Ce	José Celso Favali José Reginaldo Lima Verde Leal	1982

Caracterização estratigráfica dos metassedimentos da região de Itataia – Ce. (grupo Itataia)	Jansén Carlos Mendonça, Márcio de Campos Antônio de Pádua G. Braga, Ebenézer Moreno de Souza.	1982
Avaliação de reservas de bens minerais na NUCLEBRAS	José Paulo Mansur Marques, Pedro Alfonso Garcia Guerra, Carlos Alfredo Guimarães da Vinha	1980
Considerações sobre a mineralização fósforo-uranífera da jazida de Itataia-Ce.	Jansen C. G. de S. Mendonça, Antônio de Pádua G. Braga, Márcio de Campos	1980

A temática do trabalho, por vezes, necessitou de uma interdisciplinaridade na investigação científica, de forma que foram abordados autores clássicos no campo geográfico, sobretudo, na compreensão de ambientes semiáridos, como Ab' Saber (1969, 1974, 1985, 1999); Bertrand (1969); Bertalanffy (1975); Cristofolletti (1979); Guerra (2004); Nascimento (2003); Nascimento e Sampaio (2004/2005); Ross (2001, 2009) Sotchava (1976); Souza (1975, 1979, 1981, 2000, 2003, 2009, 2011), Tricart (1977) e teóricos ligados à problemática da mineração, sobretudo a uranífera e seus desdobramentos como: Bettencourt e Moreschi, (2008); Bonfim, (2010); Favali e Leal, (1982); Martins, (2000); Mendonça *et al* (1980, 1982); Shindondola-mote, (2009); Schobbenhaus *et al*, (2003); . Na área técnica de geotecnologias e sensoriamento remoto os balizadores principais foram: Moreira (2005); Câmara *et al* (2004); Miranda (2010); Jensen (2009) e Florenzano (2008).

2.2.2. Materiais

Na pesquisa cartográfica foram levantados mapas impressos, dados digitais (arquivos vetoriais e matriciais) e de sensoriamento remoto, listados a seguir:

- RADAMBRASIL, Folha Jaguaribe/Natal – SB. 24/25, 1981- Geologia; Geomorfologia; Pedologia.
- Mapas Planialtimétricos, FOLHA SB.24-V-B-V-Itatira. Escala 1:100.000, SUDENE/DSG, 1984;

- Mapas Planialtimétricos, FOLHA SB.24-V-B-I-Santa Quitéria. Escala 1:100.000, SUDENE/DSG, 1984;
- Mapas Planialtimétricos, FOLHA SA. 24-X-D-IV-Sobral. Escala 1:100.000, SUDENE/DSG, 1984;
- Mapas Planialtimétricos, FOLHA SB.24-V-B-IV-Tamboril. Escala 1:100.000, SUDENE/DSG, 1984;
- Mapas Planialtimétricos, FOLHA SB.24-V-B-II-Taperuaba. Escala 1:100.000, SUDENE/DSG, 1984;
- Atlas digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará, na escala 1:500.000, CPRM, 2003, em CD-ROM;
- Mapa Geológico – FOLHA SB.24-V-B-V-Itatira, Escala 1:100.000 – UFC/CPRM, 2008;
- Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil. Escala 1:2.500.000 – SGB/CPRM.
- Imagem *Geocover* disponibilizada gratuitamente pelo sítio <http://glcfapp.glcf.umd>, com resolução espacial de 14,5m;
- Imagens LandSat 5 sensor *Thematic Mapper* (TM), ano 2011, disponibilizadas gratuitamente pelo <http://www.dgi.inpe.br>, com resolução espacial de 30m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. (Figura 02).
- Imagens LandSat 5 sensor *Thematic Mapper* (TM), anos 1986, 1991, 2004, disponibilizadas gratuitamente pelo <http://www.dgi.inpe.br>, com resolução espacial de 30m nas bandas 3 e 4.

- Imagens do *Google Earth* adquiridas gratuitamente online pelo portal <http://google.com.br/intl/pt-BR/Earth/index.html>, a resolução espacial das mesmas na área em estudo variam de média a alta devido à mosaicagem de diversos sensores orbitais.
- Dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) baixadas gratuitamente em <http://www.dsr.inpe.br/topodata/> já interpoladas para a precisão espacial de 30m.

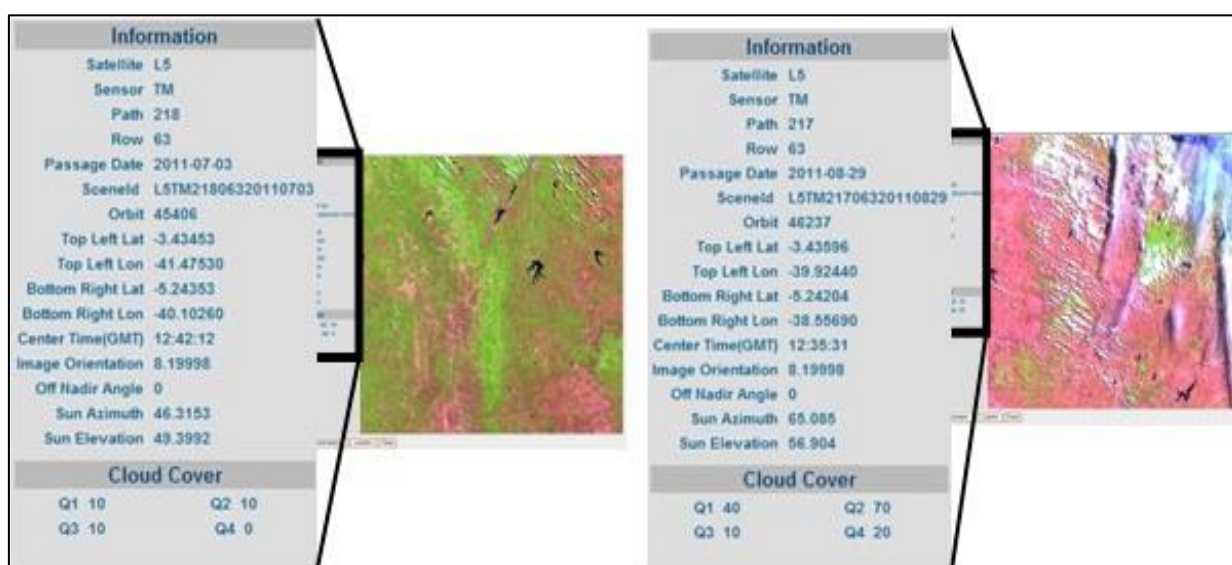


Figura 2: características técnicas das imagens utilizadas do satélite LandSat 5 TM.

2.2.3. Estruturação da base de dados e Processamento digital das Imagens de Satélite³.

A fase de procedimentos técnicos permeou todo o trabalho sendo executada concomitantemente às demais. Seu início foi marcado pela definição do sistema de referência geográfica da base de dados espaciais sendo adotado o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS2000 recomendado pelo IBGE e o sistema de Projeção Universal Transverso de Mercator - UTM. Em seguida, foram analisadas as

³ O processamento digital de imagens de satélite consiste em operações ou transformações numéricas aplicadas nas imagens. FLORENZANO, (2008, p. 41).

possíveis escalas de trabalho e consequentemente a plotagem dos mapas. Essa verificação ocorreu devido algumas dificuldades, como a extensa área espacial do município de Santa Quitéria que limitaria a transcrição do mapeamento em folhas A3 (29,7 x 42cm) a uma escala máxima de 1:350.000 não atendendo satisfatoriamente os objetivos elencados. Optou-se, portanto, pelo formato A2 (42,0 x 59,4cm) que mostrou maior coerência para a publicação final dos mapas possibilitando a plotagem em uma escala de 1:250.000. Mesmo com essa escolha cabe o esclarecimento de que o material levantado, que materializa o banco de dados geográfico e fornecem informações cruciais para a pesquisa permitem com segurança uma investigação na escala de 1:100.000. Portanto, a escala de análise é 1:100.000 e a de publicação é 1:250.000.

Os softwares de geoprocessamento utilizados para tratamento dos dados foram: o SPRING – Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas, versão 5.0.6, desenvolvido pelo INPE e disponibilizado gratuitamente. Consiste em operar banco de dados geográficos e manipular dados vetoriais e matriciais integrando essas informações em um SIG. O *Quantum GIS* (QGIS), SIG de código aberto baixado gratuitamente no sítio www.qgis.org que possibilitou a execução de tarefas corriqueiras em geoprocessamento como a edição vetorial dos planos de informação. O software *GPS TrackMaker* versão grátis que permitiu o descarregamento automático e a transformação das informações obtidas em campo com o gps de navegação.

Como procedimento básico da estruturação do banco de dados no sistema de informação geográfica – SIG procedeu-se a digitalização dos dados analógicos e a conversão das bases cartográficas levantadas de projeções distintas ao sistema cartográfico adotado. Nesse processo foi executado também o georreferenciamento das imagens LandSat 5 TM e o recorte da área de interesse que compreendeu o retângulo envolvente de coordenadas 40°28'13"W, 3°54'34"S e 39°39'20"W, 4°48'47"S. Após foi realizado o tratamento digital das imagens que teve como objetivo extrair e maximizar as informações radiométricas sendo executados os seguintes procedimentos.

Técnicas de contraste de imagens: realizado no SPRING com as bandas 1, 2, 3, 4, 5, e 7 das cenas 217/063 e 218/063 (Landsat5TM) que objetivou melhorar a imagem para interpretação visual e percepção subjetiva do interpretador. É baseada em transformações radiométricas em cada pixel (variações na escala de cinza) permitindo uma maior discriminação entre os objetos da superfície terrestre. O método empregado foi o linear que consiste no ajuste do histograma da imagem a partir da função $y = ax +$

b. Esse procedimento foi necessário também para diminuir os contrastes entre as cenas na hora de realizar o mosaico como mostra a figura 3.

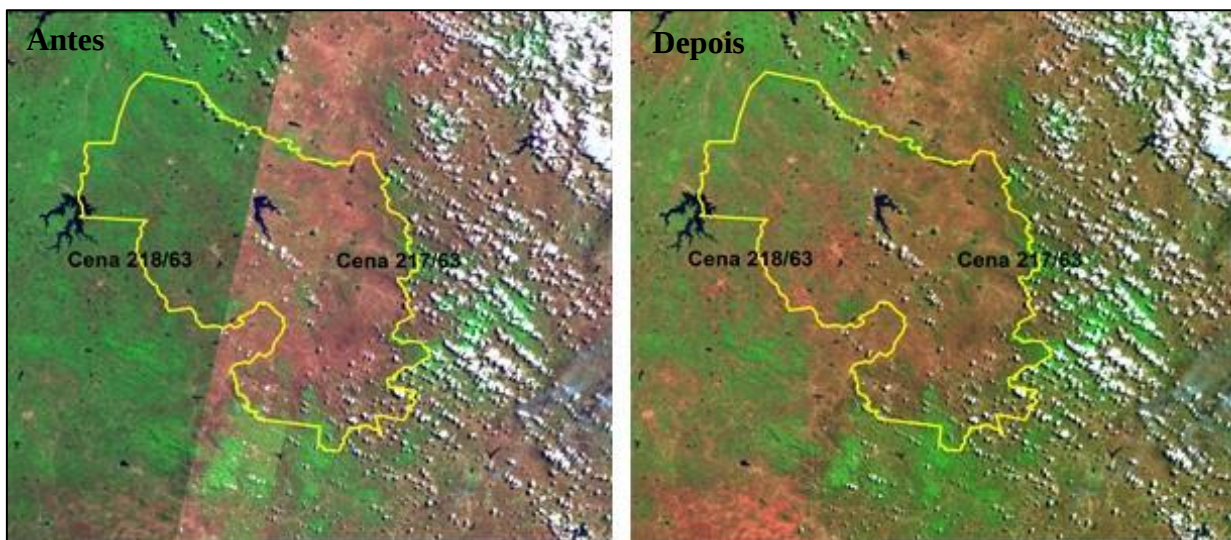


Figura 3: Composição R (7), G (4), B (2) Landsat5TM, comparação dos mosaicos antes e após a aplicação das técnicas de contraste.

Fonte: Autor

Mapa Básico

Compreende por extensão toda cartografia básica a nível municipal a partir da qual foram cartografados os demais fenômenos geográficos (cartografia temática). A semiologia gráfica base seguiu as recomendações e especificações técnicas do Manual Técnico de Convenções Cartográficas do Ministério da Defesa – Exército Brasileiro, (2000), exceto em casos que essa adequação não atendia as informações a serem passadas ou dificultariam de alguma maneira a legibilidade do mapeamento transcrito. Dessa forma apresenta-se o levantamento da base na qual esse mapeamento está apoiado (Mapa 1, Básico. Página 60):

- Divisão político-territorial dos municípios cearenses: base digital em formato *shapefile* da instituição pública IPECE, 2010;
- Sistemas viários: base digital das rodovias estaduais e federais, em formato vetorial de *shapefile*, da instituição pública FUNCEME, 2011 e dados ferroviário e aeroviário do DER-CE.

- Área urbana: mapeamento a partir de interpretação visual das imagens do *Google Earth*.
- Localidades: importação de arquivos *shapefile* da base de dados digitais do IBGE e levantamento em campo por gps.
- Recursos hídricos principais: base digital em formato *shapefile* da SRH, 2011, retificada pelo modelo digital de terreno – MDT e imagens LandSat 5 TM.
- Curvas de nível: geradas a partir de dados SRTM, conferidas pelo levantamento planialtimétrico da SUDENE/DSG.

Mapa Litológico

O mapa litológico compreendendo todo o município tem como base o Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais da CPRM/SRHCE, publicado em 2003, na escala de 1:500.000. Através do geoprocessamento foi recortada à área de interesse de forma a obter-se um SIG com informações das unidades litoestratigráficas e das constituições litológicas que posteriormente foram fusionadas com um MDT contendo as variações altimétricas relevo visando uma melhor visão sinótica das informações espacializadas. As cores da legenda seguiram fidedignas às da publicação original. (Mapa 2, Litológico. Página 65)

Mapa Geológico da jazida de Itataia e áreas circunjacentes

Esse mapa está dividido em duas partes: a primeira deriva do mapeamento executado pela CPRM em parceria com a UFC, publicado no ano 2008, na escala de 1:100.00 e compreende a área da folha SB24.V-B-V. Através do geoprocessamento foi dado destaque a parte SW dessa folha que abrange a porção S de Santa Quitéria, conforme mostrado no mapa 14 (Pág. 126). Já a segunda parte consiste na digitalização e georreferenciamento do mapeamento de detalhe da jazida de Itataia, publicado nos Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Geologia em Camboriú SC, no ano de 1980, sendo resultado dos levantamentos e pesquisas da NUCLEBRÁS da década de 1970.

Mapa Geomorfológico

Esse mapa resulta da interpretação e interação de toda a base cartográfica já disponível da área com os dados primários (orbitais e geocartográficos) obtidos nesta pesquisa, sobretudo, os morfométricos.

As fases do mapeamento perseguiram uma integração desses dados em conjunto com a leitura da dinâmica, própria da gênese de cada modelado. Nesse sentido são destacadas as estruturas litológicas, as curvas de níveis, o MDT, a hipsometria, a declividade, o padrão de dissecação, o adensamento da drenagem, bandas específicas das imagens Landsat5TM e o uso. (Figura 4)

As formas de uso subsidiaram especificamente o mapeamento das planícies fluviais e lacustres, pois foram consideradas imagens do período chuvoso e do período seco de forma que foi possível observar nitidamente o contraste nas tonalidades de cor das culturas de vazante nas margens dos rios e lagos plantada no período das chuvas e o solo exposto no período seco características essas marcantes do uso do solo nas ínfimas planícies dos rios intermitentes do semiárido.

As nuances de cores da legenda está baseado no mapa geomorfológico do RADAMBRASIL publicado na Folha Jaguaribe/Natal – SB. 24/25, 1981.

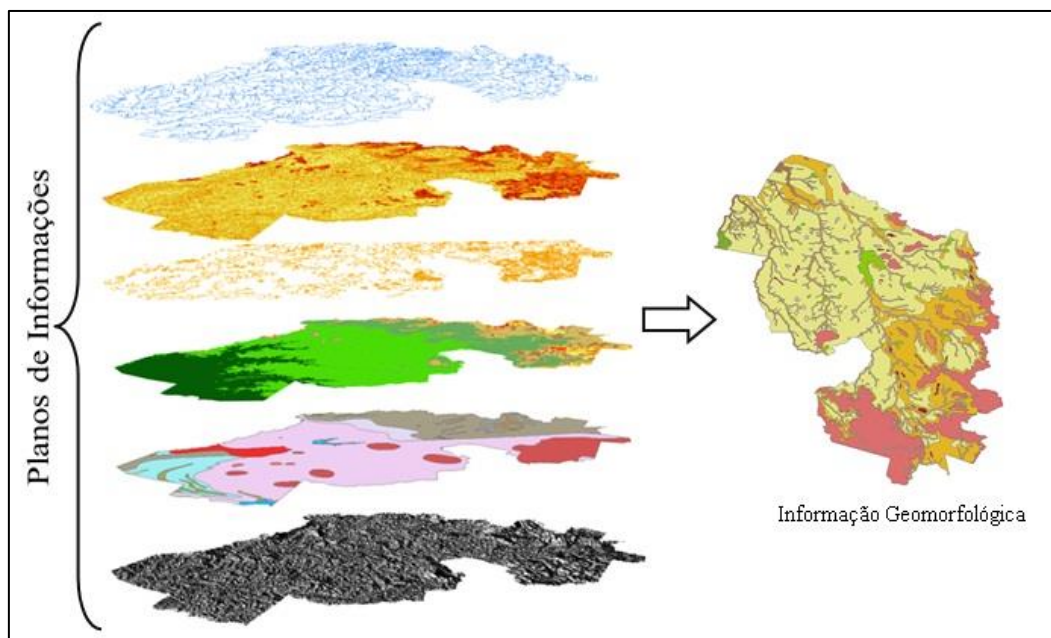


Figura 4: Informações que subsidiaram o mapeamento geomorfológico

Fonte: Autor

Mapa Hipsométrico e de Declividade

Os procedimentos operacionais para obtenção dos mapas hipsométricos e de declividade são praticamente comuns diferenciando-se apenas nas etapas finais em que no altimétrico escolhem-se as classes representativas da amplitude do relevo e no de declividade as classes representam a inclinação das vertentes sendo expressas em percentual ou graus. Logo, a base geral consistiu nas informações altimétricas (curvas de nível) dos dados SRTM que foram importados e trabalhados como modelo numérico do terreno – MNT no software SPRING 5.0.6. (Figura 5)

As variações das classes de hipsometria foram de 100m de equidistância considerando o intervalo satisfatório para a representação topográfica da região segundo a escala de trabalho adotada, já para declividade foram utilizadas as classes recomendadas por SOUZA⁴.

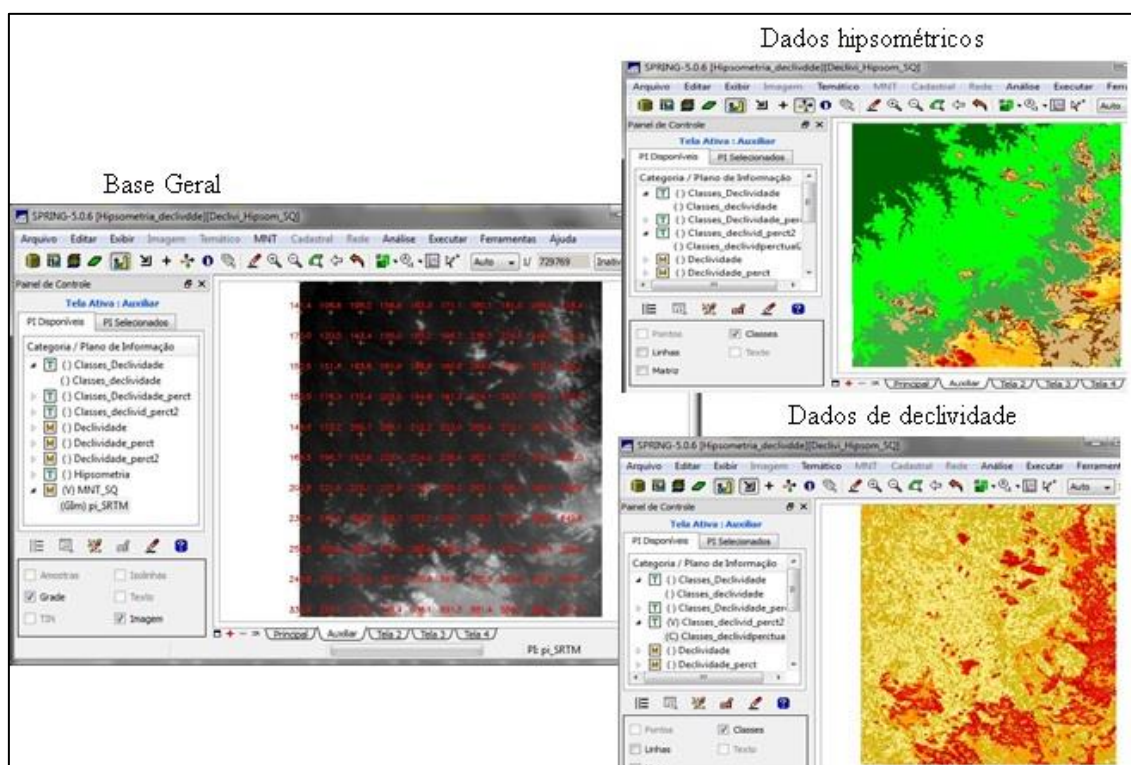


Figura 5: interface de processamento no software SPRING 5.0.6 com suas respectivas informações
Fonte: Autor.

⁴ As classes estão contidas na ficha de campo da disciplina Geomorfologia Ambiental, cursada em 2011.

Mapas e Cartogramas Subsuperficiais

Na elaboração dos cartogramas, mapas e gráficos referentes à temática seguiu-se a recomendação da Moção nº 38, de 07 de dezembro de 2006 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, para utilização do Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – SIAGAS desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB que dispõe de um banco de dados georreferenciado de poços. No período do levantamento a última atualização dessa base tinha ocorrido em 05/03/2012. Os dados dos poços foram adquiridos via *download* referente ao município de Santa Quitéria totalizando 241, espacializados na figura 18. Os atributos trabalhados foram:

- Coordenadas (UTM);
- Natureza (poço tubular ou amazonas);
- Situação (abandonado, equipado, não instalado, fechado);
- Uso da água (abastecimento urbano, pecuária, abastecimento múltiplo, abastecimento doméstico, lazer e outros);
- Profundidade final;
- Nível dinâmico;
- Nível estático;

Informações importantes como vazão, permeabilidade, cor, odor, sabor, temperatura e turbidez estão contidas nos atributos do banco de dados geral, porém não estavam preenchidas para área. Como naturalmente a água é encontrada de forma aleatória no tempo e no espaço e o referido banco de dados trabalhado apresentou lacunas nas informações para alguns poços foi prudente utilizar-se da estatística espacial para obterem-se determinados resultados. Dessa forma a espacialização através de mapeamento isarrítmico do nível estático (cartograma 1. Pág. 101), do nível dinâmico (cartograma 2. Pág. 102) e do nível potenciométrico (Mapa 10. Pág. 104) foram realizados através de técnicas de interpolações, sobretudo, pelo método de *Kriging* ou Krigagem.

De acordo com Miranda, (2010, p. 265) a definição mais simples de interpolação envolve os processos de determinar valores desconhecidos, ou não amostrados, de um atributo contínuo usando valores conhecidos ou amostrados. Isso ocorre em duas etapas

uma para definir o relacionamento de vizinhança para saber quais são os pontos vizinhos mais apropriados e a outra para definir os métodos que calcularão os valores desconhecidos.

Nesse contexto, a Krigagem compreende um conjunto de técnicas de estimação e de predição de superfícies baseada na modelagem da estrutura de correlação espacial consistindo em um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes considerados interdependentes. Seu procedimento de interpolação exato leva em consideração todos os valores observados. (CÂMARA *et al*, 2004. p. 90 e LANDIM, 2003. p. 184).

Os procedimentos comuns aos três cartogramas (estático, dinâmico e potenciométrico) foram: tabulação dos dados no programa *Microsoft Excel*, importação para o programa *Surfer8* e conseqüentemente a aplicação da técnica de interpolação citada. Na estimativa do valor potenciométrico a cota altimétrica dos poços foram levantadas pelos dados da SRTM, considerando Demétrio *et al*, (2006) que afirma serem os erros cometidos na utilização das cotas obtidas por esses dados inferiores a 5 metros, compatível com os erros do nivelamento barométrico. Deve-se considerar, ainda que a coleta de dados (amostragem dos poços) para esses resultados extrapolaram os limites políticos do município a fim de uma melhor exatidão.

O mapa de domínios hidrogeológicos de Santa Quitéria foi elaborado a partir da publicação inicial do Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil do SGB-CPRM que contempla os domínios/subdomínios hidrogeológico do País em macroescala. Essa escala não permitiu o mapeamento dos domínios aluvionares, no entanto foram espacializados os aluviões a partir da analogia com os depósitos sedimentares cenozóicos. A legenda está baseada no mapa original da CPRM, (2011), que seguiu o padrão da Legenda Internacional para Mapas Hidrogeológicos da Unesco (1983).

Mapa de drenagem superficial

A elaboração desse mapa ocorreu em duas fases, à primeira para o levantamento dos canais fluviais (rios) e a segunda para o levantamento dos demais corpos hídricos (lagoas e açudes).

O mapeamento dos canais fluviais (rios, riachos e córregos) foi executado a partir do modelo digital de elevação do terreno – MDT e do mapa de orientação das vertentes (Figura 6), de forma automatizada pela ferramenta de modelagem hidrológica do

software ARCMAP. A suavização, correção e validação da drenagem “bruta” gerada foi realizada posteriormente através de interpretação visual da composição R7G4B2 da imagem LandSat 5 TM, da imagem do *Google Earth* e informações coletadas em campo.

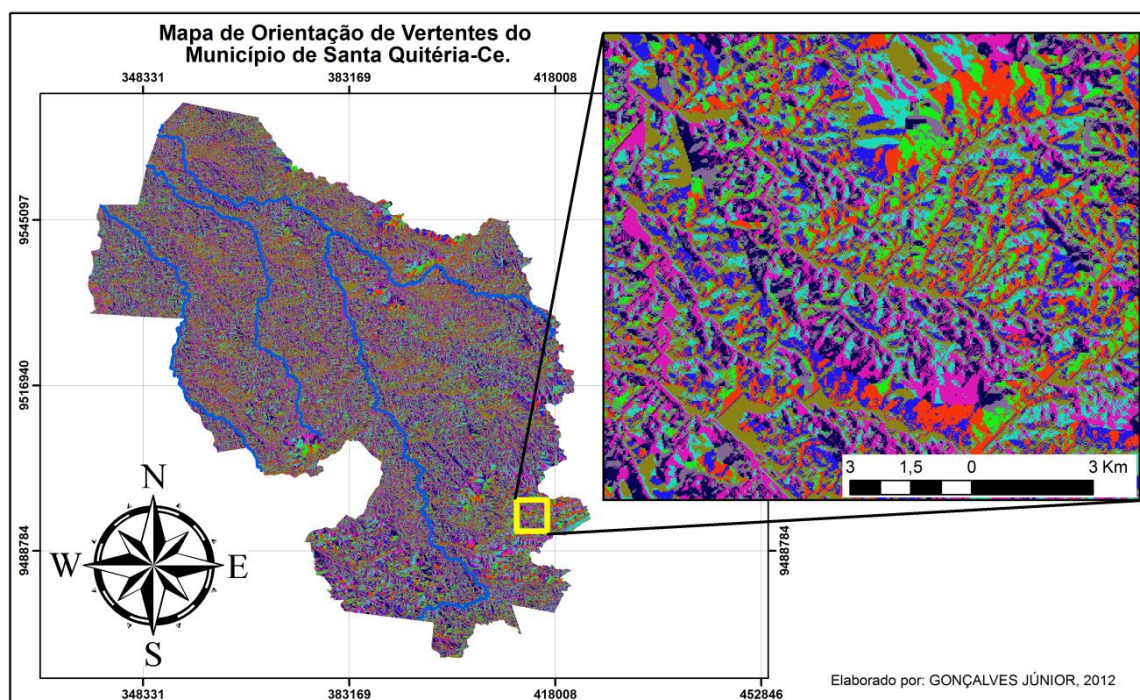


Figura 6: mapa de orientação das vertentes utilizado como base na delimitação automática da drenagem.
Fonte: Autor

Para a obtenção dos demais corpos hídricos superficiais foi realizada uma segmentação e classificação supervisionada no software SPRING 5.0.6 utilizando-se a banda 4 (*infravermelho próximo*) do LandSat 5 TM, tendo em vista, que ela apresenta um realçado contraste entre os alvos terra/água. (Figura 7). Os dados classificados foram transformados em arquivos vetoriais para refinação e eliminação de polígonos gerados erroneamente pelo programa devido apresentarem a mesma reflectância da algo como exemplo as sombras das nuvens. Todo esse procedimento foi escolhido por ser o mais adequado quando se objetiva um detalhamento no mapeamento dos recursos hídricos superficiais.

Com a posse de toda a rede de drenagem municipal levantada nas duas fazes foram realizadas a aferição dos topônimos e a sobreposição das informações e obtido consequentemente o resultado final de acordo com o mapa 7 de recursos hídricos superficiais. (Pág. 92)

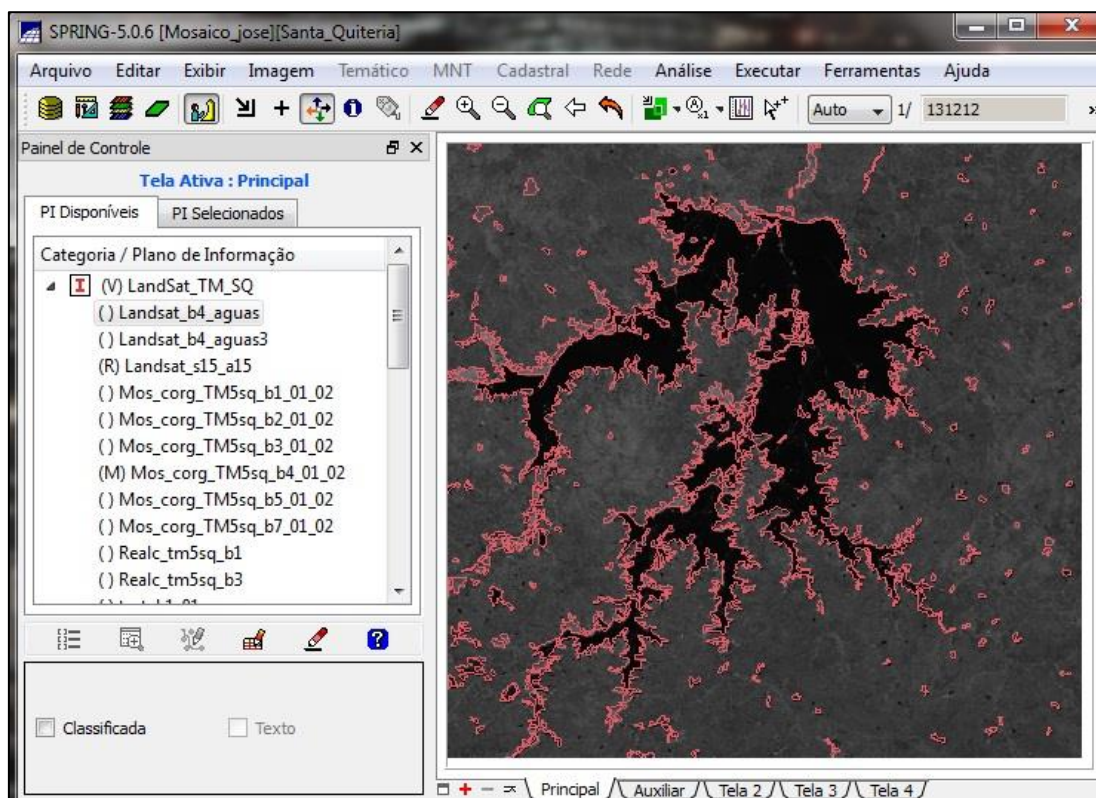


Figura 7: banda 4 do LandSat5 TM com recursos hídricos segmentados para classificação supervisionada.
Fonte: Autor.

Mapa de Solos

A base principal do mapa de solos advém do mapa de reconhecimento de solos do Ceará, na escala de 1:600.000, publicado em 1972 pelo convênio do Ministério da Agricultura/Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária – divisão de pedologia/ Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste/Departamento de Recursos Naturais – divisão de agrologia.

Como subsídio utilizou-se também o mapeamento de solos do PROJETO RADAMBRASIL, na escala 1:1.000.000, além de aferições em imagens de satélites e em campo. A partir dos mapas digitalizados foi realizado o georreferenciamento dos mesmos conforme a figura 8 e executada a vetorização das classes. Após ajustou-se a grafia, a simbologia, as cores da legenda e demais especificações técnicas de acordo com as recomendações do SiBCS, 2006 e do Manual Técnico de Pedologia – IBGE, 2007.

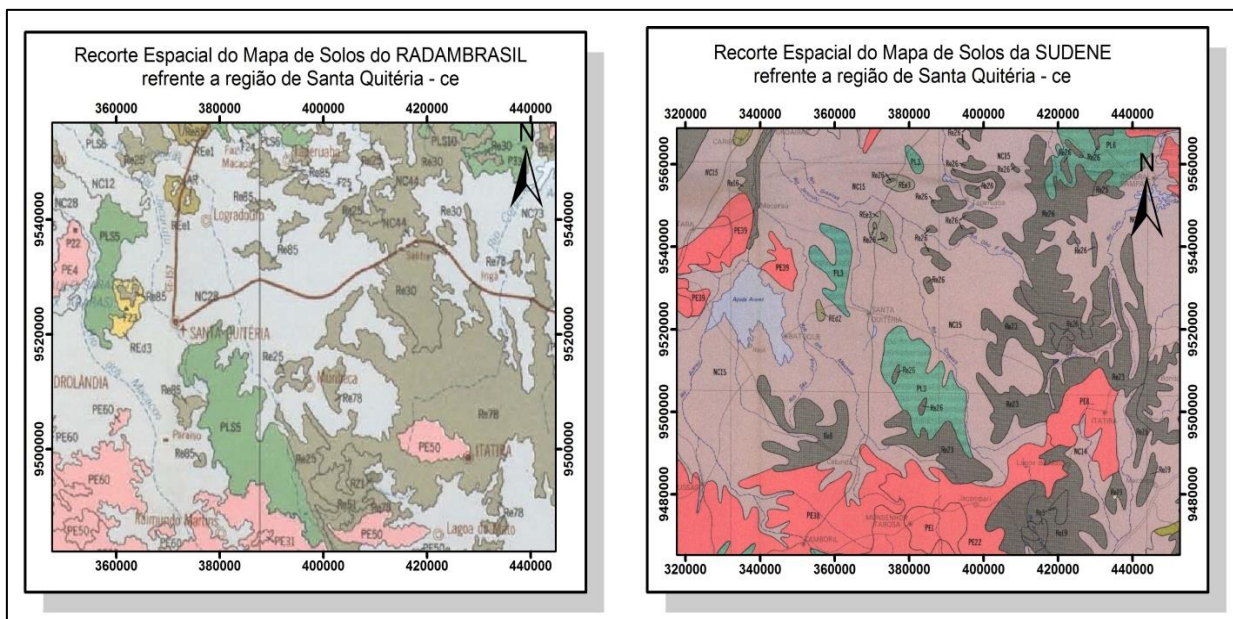


Figura 8: Área georreferenciada do município de Santa Quitéria nos mapas de solos do RADAMBRASIL e SUDENE

Fonte: Autor

Mapa de Análise Espaço-Temporal da Vegetação

O objetivo precípua deste mapeamento é analisar de forma sistemática a variação do recobrimento vegetal através da relação permanência/ausência do estrato verde mostrando as áreas onde o solo encontra-se mais exposto, de forma que, possibilite executar um paralelo com a degradação subsidiando o diagnóstico do estado de conservação atual da vegetação.

A variação temporal compreende um intervalo de vinte e cinco anos, distribuídos entre 1986, 1991, 2004 e 2011. A escolha desses anos atendeu a análise exaustiva das seguintes condições: disponibilidade de imagens LandSat 5 TM com o mínimo percentual de nuvens possível; análise dos totais pluviométrico do ano anterior e do ano em questão, no qual foi adotado o posto de coleta Santa Quitéria da FUNCEME, (figura 13) devido possuir a série mais antiga e completa de informações. Além disso, MENDES⁵ ressalta que a metodologia de índice de vegetação utilizada não permite o tratamento digital de imagens, como a aplicação de contrastes ou filtros.

⁵ Informação verbal adquirida em aula

Conforme o item 2.2.3 dos procedimentos operacionais para as imagens do satélite utilizado o município é seccionado em duas cenas, logo, na montante de informações foram cruzadas e escolhidas oito cenas (duas para cada ano) em conformidade com a pluviometria (menor variação possível entre as médias tendo como base três meses após o período chuvoso) para não ter imagens de anos muito chuvosos ou pouco chuvosos. Há exceção para as imagens de 2011 que são de período levemente mais chuvoso, no entanto, julgou-se necessário devido ser dentre as recentes a que mais se assemelhava com os parâmetros adotados.

Para os resultados foi utilizado o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – SAVI (JENSEN, 2009, p. 391) que é calculado através das bandas na faixa do vermelho e infravermelho próximo, segundo a fórmula:

$$SAVI = \frac{(1 + L)(P_{nir} - P_{red})}{P_{nir} + P_{red} + L}$$

O SAVI é um índice melhorado onde P_{nir} é a banda do infravermelho próximo e P_{red} é a faixa do vermelho e L consiste em um fator de ajuste que possibilita a minimização das variações de brilho do solo. Para Jensen *op cit*,

“Quanto maior o número de camadas de folhas num dossel maduro e sadio, teoricamente maior a reflectância no infravermelho próximo. Por outro lado, se o dossel for composto somente por uma camada de folhas esparsas, então a reflectância no infravermelho próximo não será tão grande como no dossel hipotético citado, porque a energia que é transmitida através da camada de folhas pode ser absorvida pela cobertura de solo abaixo dela.”

Portanto justifica-se a escolha do SAVI devido aos ínfimos ou ausentes estratos de dossel da vegetação caatinga e conseqüentemente a intensa interação e exposição dos solos nessas áreas. O resultado pode ser conferido no mapa 12 (Pág. 116) de variação espaço temporal da vegetação.

Mapa de Delimitação das Subbacias Hidrográficas

A delimitação das subbacias subsidia diretamente o planejamento ambiental proposto, primeiro porque mostra efetivamente o caminho das águas via escoamento

superficial, sobretudo na área da mina, segundo porque constitui unidades territoriais selecionadas a partir das características naturais do terreno. Nesse sentido sua importância se evidencia ainda como alternativa na gestão e administração de todo o município frente sua grande extensão territorial.

Essa delimitação foi executada através dos dados altimétricos das SRTMs interpoladas para uma resolução espacial de 30m e processadas em oito etapas pela ferramenta *Hydrology* do *ArcMap*. Para o resultado final apresentado no mapa 9 (Pág. 98) foram realizados uma série de testes a ponto de se conseguir fechar as 14 subbacias coincidindo com o limite do município utilizando-se exclusivamente das características morfométricas do terreno. A numeração das bacias acompanha sua extensão de forma que a menor é a subbacia 01 e a maior é a 14.

3. Localização do Município de Santa Quitéria e Caracterização Geoambiental

3.1 Localização

O município de Santa Quitéria está localizado na porção noroeste do estado do Ceará (Figura 9) com extensão territorial de 4.260 km², constituindo-se como o mais extenso desse Estado. A população total (IBGE, 2012) é de 42.822 pessoas com 22.260 (52,05%) residindo na área urbana e 20.503 (47,95) na zona rural equivalendo a uma densidade demográfica de 10,04 Hab/km². As principais fontes de emprego e renda formal, em ordem decrescente são a administração pública, serviços, indústria, extrativismo mineral e agropecuária (IPECE, 2011) de forma que 34% (14.503) dos habitantes vivem em extrema pobreza denotando o tímido desenvolvimento econômico da região. As principais vias de acesso, a localização urbana, o local da mina e uma visão sinótica do município podem ser visualizados no mapa básico (Mapa 1. Pág. 60) e na carta imagem (Pág. 61), além da sede municipal na figura 10.1.

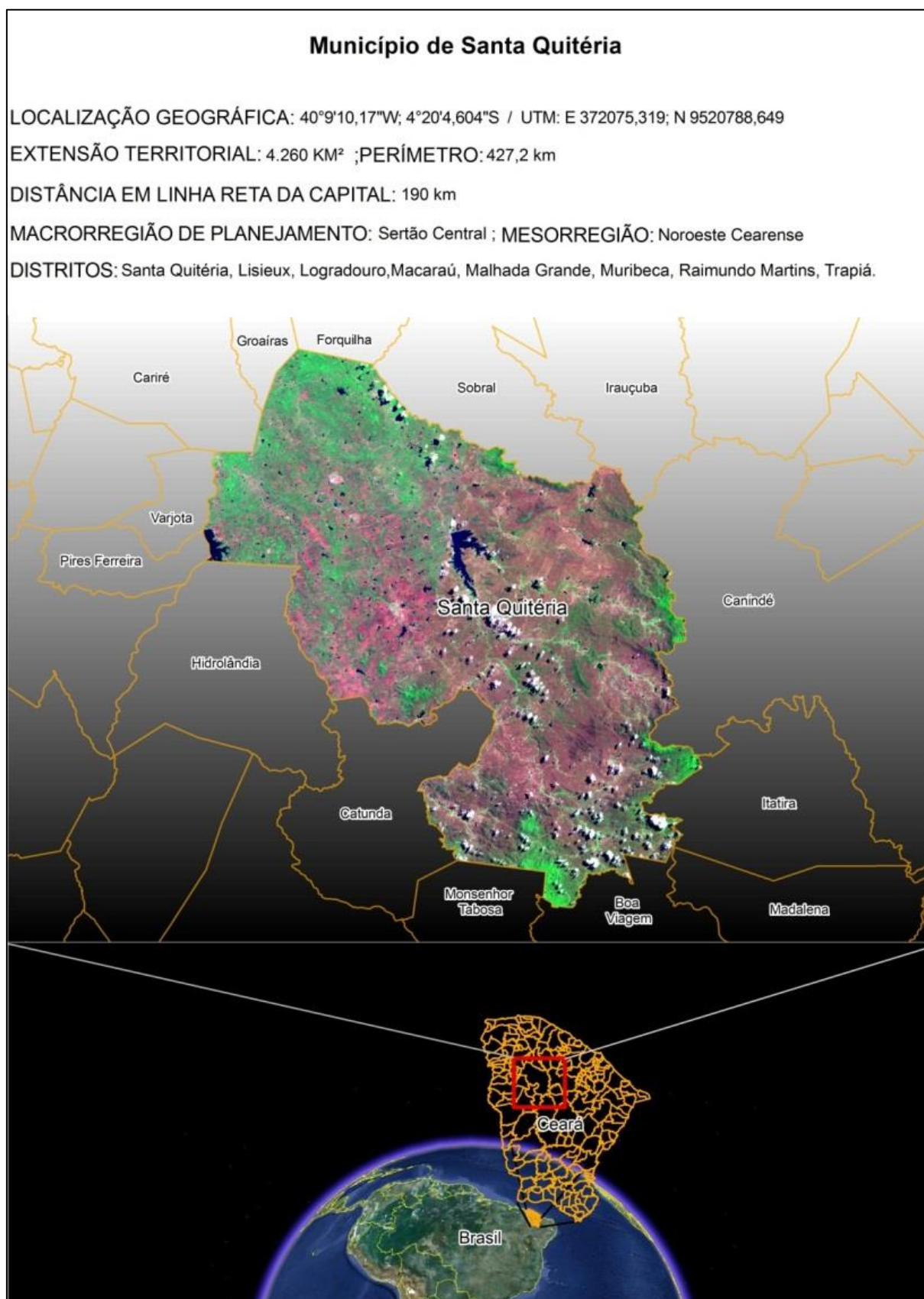
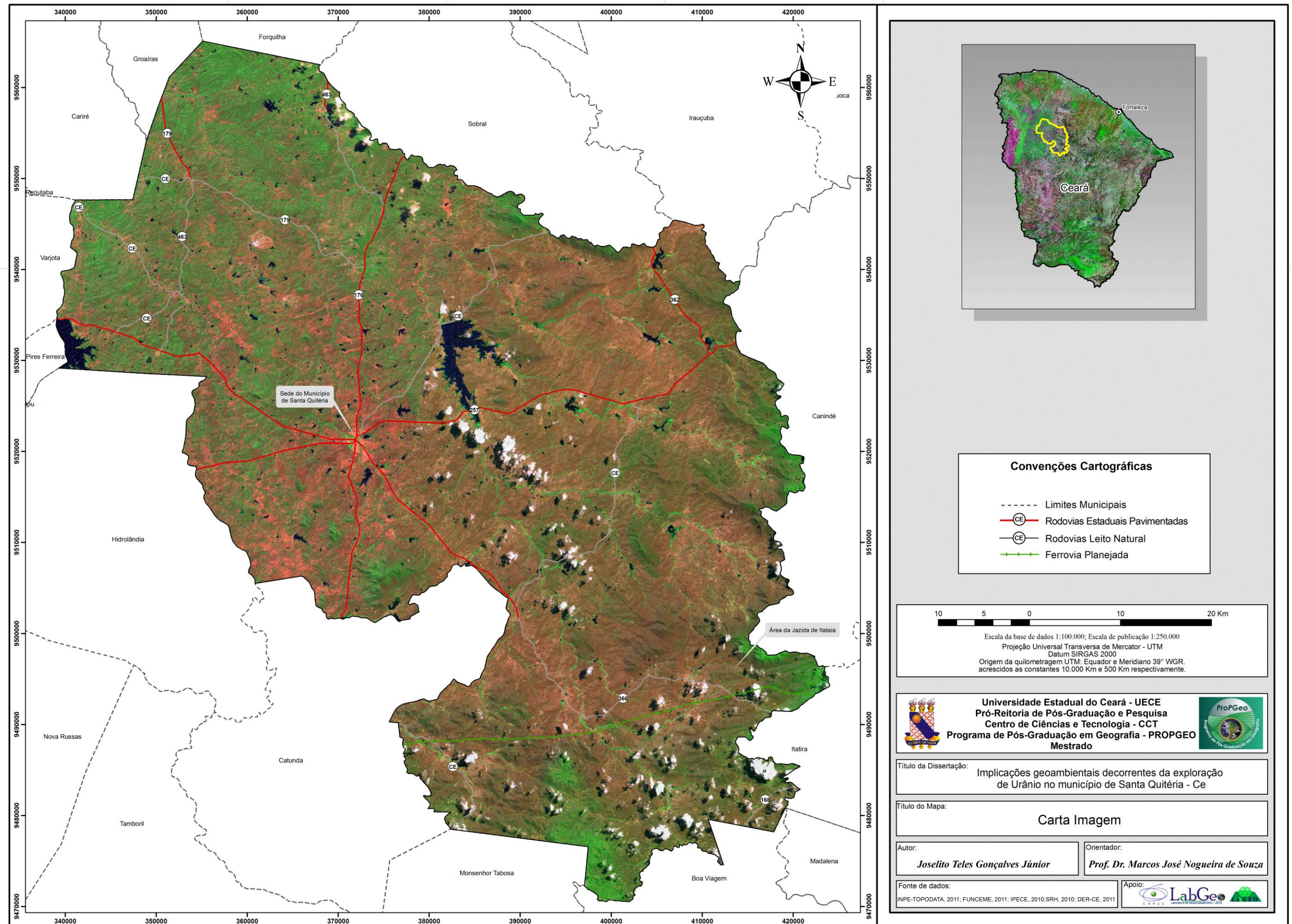


Figura 9: Localização do município de Santa Quitéria



Carta Imagem do município de Santa Quitéria – Ceará.

O estudo das condições físico-ambientais permite o conhecimento dos ambientes em que o homem vive e se relaciona em sociedade, assim como, onde se desenvolvem e se adaptam os demais seres vivos. A avaliação integral dessas condições nos remete a já referida análise ambiental integrada em que “tende a adquirir o seu próprio campo de ação que confronta e integra dados analíticos que constituem objetos formais de estudo das diferentes geociências” (SOUZA, 2010). Dessa forma, na caracterização dos componentes geoambientais recorre-se a análises e estudos unitemáticos, que representam a interdisciplinaridade imprescindível à pesquisa corrente, bem como à concepção sistêmica ora adotada.

3.2 Condições Geológicas e Geomorfológicas

A base estrutural brasileira, segundo Ab'Saber, (1954) comporta essencialmente as províncias geológicas dos maciços antigos pré-devonianos, pré-cambrianos e bacias sedimentares paleozóicas, mesozóicas e, eventualmente cenozóicas. A região Nordeste congrega terrenos representantes das duas províncias de forma que a sedimentar cobre aproximadamente 890.000 Km², e a cristalina cerca de 720.000 Km² (ÁRIDAS, 1995) justificando os modelados característicos da região. Para Souza, (2000) no Ceará, as influências estruturais se manifestam através da ocorrência de relevos próprios dos núcleos cratônicos e das bacias sedimentares Paleomesozóicas e as litologias interferem através da exposição de fácies diferentes de dissecação e de formas derivadas do trabalho seletivo dos processos morfodinâmicos.

Nesse contexto, o município de Santa Quitéria encontra-se inserido geologicamente nos terrenos antigos do pré-cambriano da porção oriental da Plataforma Sul-Americana, no escudo Atlântico, mais precisamente na província estrutural Borborema (CPRM, 2003) como mostra a figura 11.

A província Borborema abrange uma porção da crosta continental do Escudo Brasileiro encravada na região de dobramentos caririanos, de idade pré-cambriana, cuja complexidade estrutural tem refletido numa série de designações de ordens conceituais, evolutivas e terminológicas (MENDONÇA *et al*, 1980, p. 2473). Para Martins, (2000, p. 25) nessa província a atuação do ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Neoproterozóico) é caracterizada pela formação de volumoso magmatismo granítico e de extensas zonas de cisalhamento transcorrentes.

Considerando a compartimentação estrutural apresentada por Schobbenhaus *et al.*, (2003, p. 264) para a província Borborema pode se limitar essa área a partir de zonas de cisalhamentos de forma que se distinguem três subprovíncias: a setentrional, a transversal e a meridional. O interesse precípua desta pesquisa está no Domínio Ceará Central (figura 11) localizado na subprovíncia setentrional.

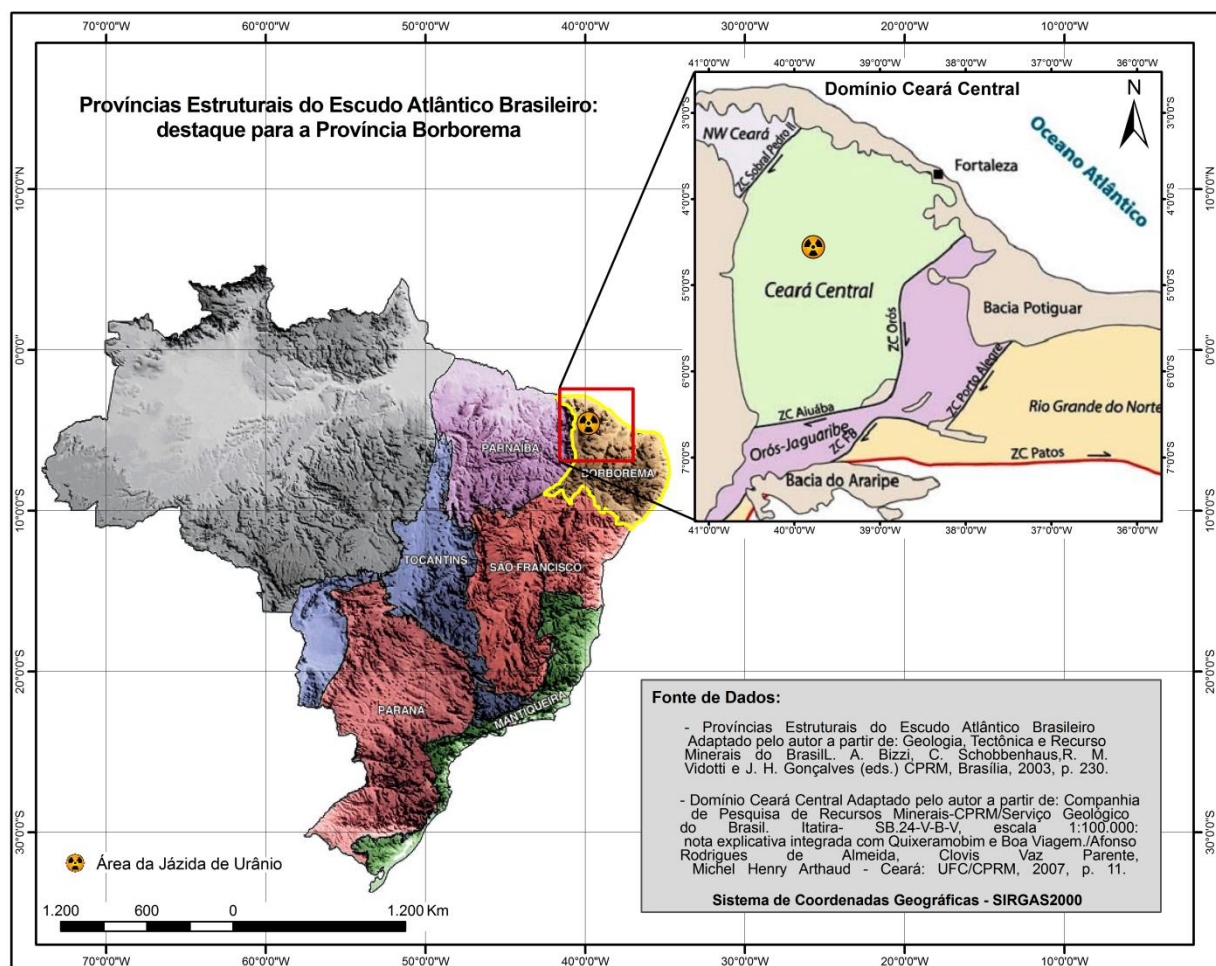


Figura 11: localização das províncias estruturais do escudo atlântico brasileiro com destaque para a província de Borborema e para domínio Ceará Central.
Fonte: Autor.

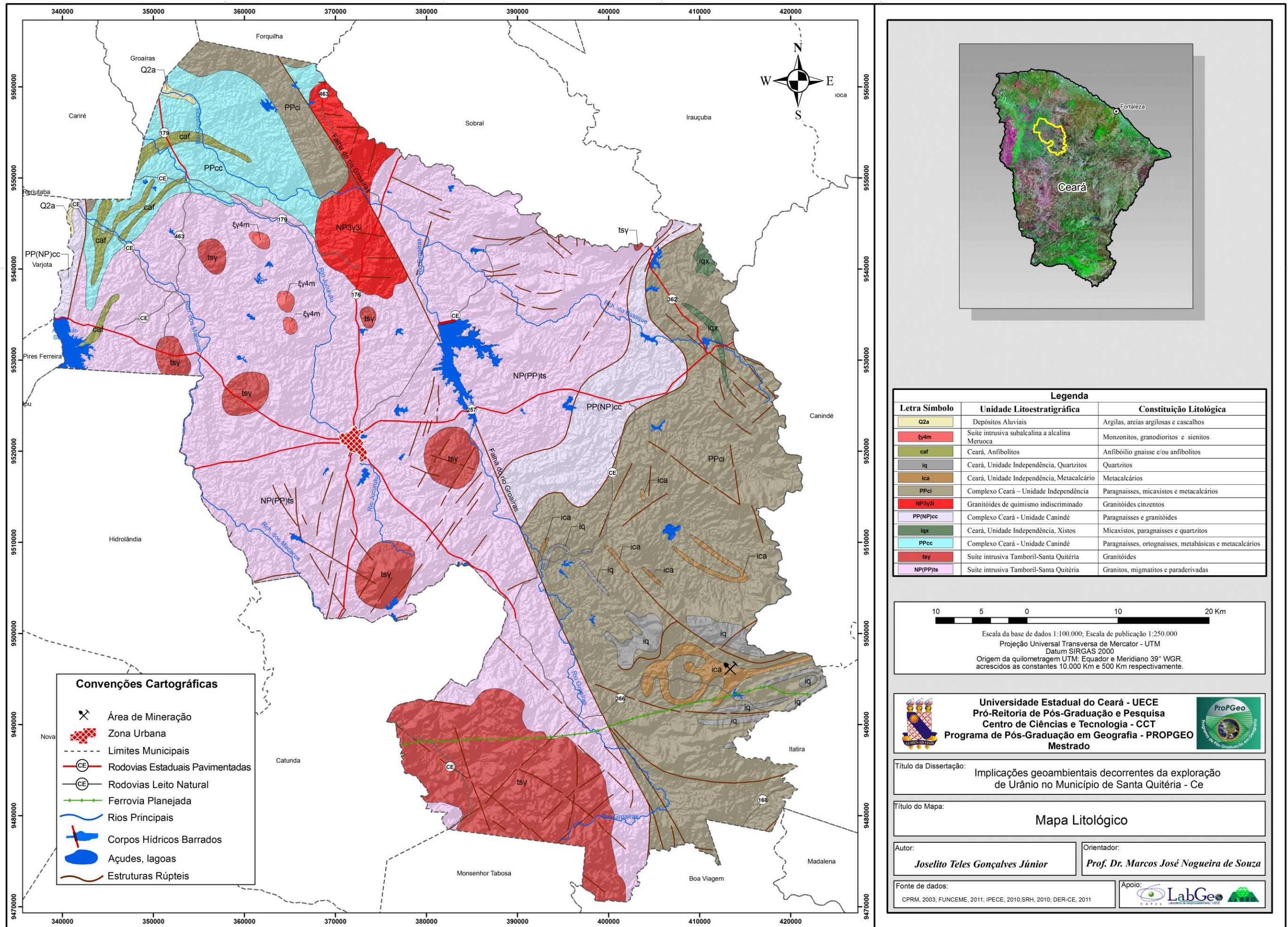
O Domínio Ceará Central possui uma área aproximadamente de 80.000 Km² sendo limitado, ao norte, pela zona de cisalhamento Sobral–Pedro II (lineamento Transbrasiliano no Ceará), que o separa do Domínio Médio Coreau, e também pela Província Costeira; a oeste, pela Província sedimentar do Parnaíba; a leste e ao sul são consideradas duas possíveis delimitações: a) zona de cisalhamento ou lineamento Senador Pompeu (ZCSP); b) zonas de cisalhamento Orós - Aiuába.

A subdivisão clássica do Domínio Ceará Central agrega os maciços gnáissicos-migmatítico-graníticos de Tróia e Santa Quitéria e o sistema de dobramentos jaguaribeanos, incluindo a subfaixa rio Curu-Independência (BRITO NEVES, 1975 *apud* MARTINS, 2000, p. 29 e SCHOBENHAUS *et al*, 2003, p. 265; CPRM/UFC, 2008, p. 15). Quadro 01.

Segundo Arthaud (1998), Fetter (1999) *apud* Castro *et al*, (2005) este domínio é caracterizado por uma tectônica tangencial com *nappes* envolvendo gnaisses e migmatitos do embasamento policíclico (Transamazônico e Brasileiro) e rochas metassedimentares proterozóicas.

O entendimento das características geológicas da área em estudo filia-se aos estudos de Martins (2000) que distingue quatro unidades geotectônicas no Domínio em questão e Castro *et al* (2005) que esclarece e corrobora as mesmas. Essa compreensão está sintetizada no quadro 01.

De acordo com CPRM (2003) a área compreende doze unidades litoestratigráficas espacializadas no mapa litológico (Mapa 2. Pág. 65).



Mapa 2

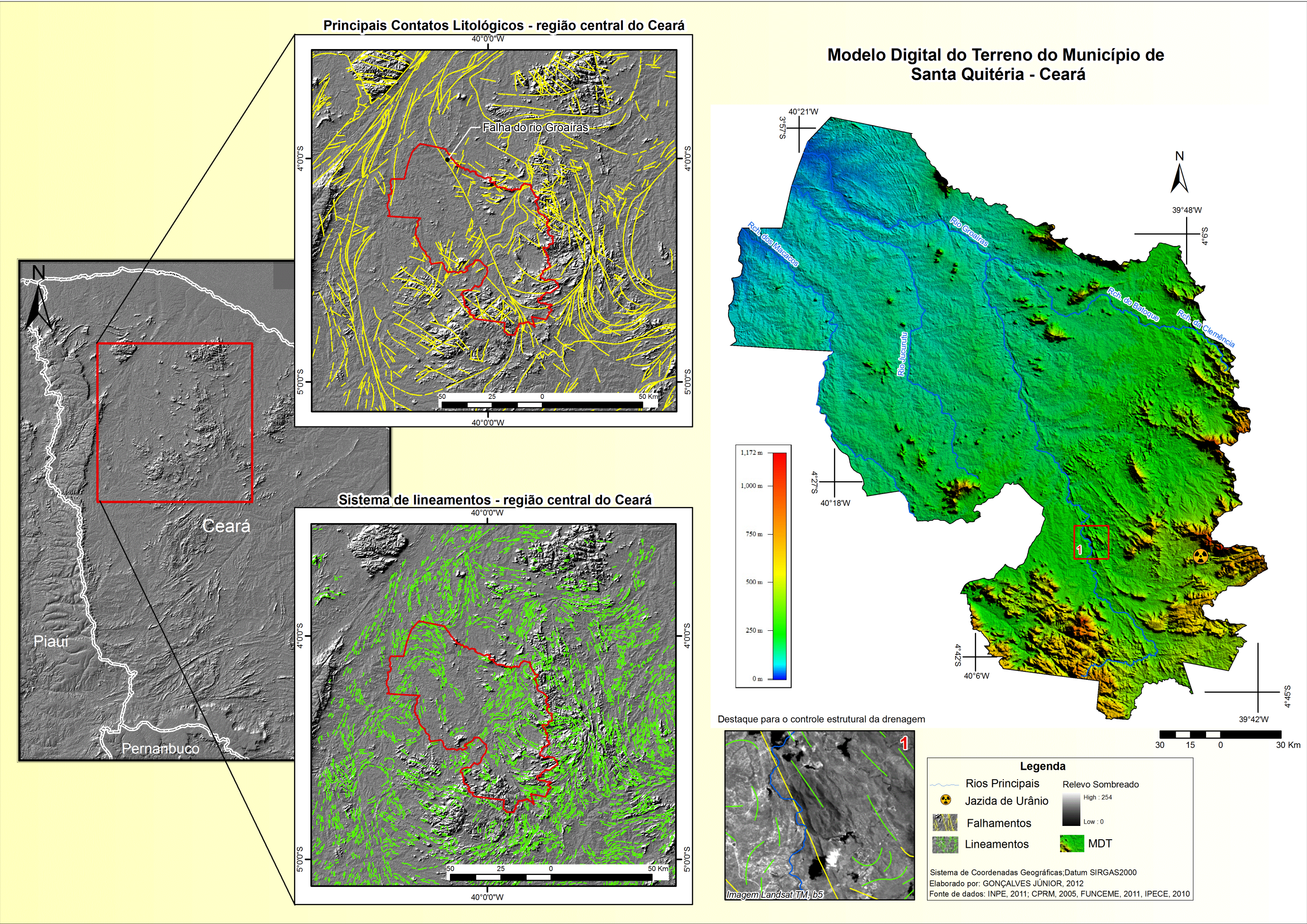
Quadro 1: síntese das características das unidades geotectônicas do Domínio Ceará Central.

Unidades Geotectônicas do Domínio Ceará Central			
Coberturas meso a Neoproterozóicas	Terreno Santa Quitéria	Terrenos acrescionários do Paleoproterozóico	Embasamento Arqueano
Coberturas do tipo rift-continental com estruturação complexa, amplamente afetada por uma tectônica tangencial, caracterizada por sequências metapsamopelítica-carbonáticas, sendo descrito também <i>sills</i> de granitos alcalinos, derrames de riolitos alcalinos e meta-basaltos. Tem sido empregado nesta unidade diferentes denominações como: Grupo Ceará, Grupo Itataia, Grupo/Complexo Independência.	Terrenos compreendidos a leste da Zona de Cisalhamento de Sobral é composto por rochas gnáissicas e migmatitos de composição tonalítica a granodiorítica derivadas possivelmente de combinações de rochas do embasamento paleoproterozóico e materiais do neoproterozóico (ciclo Brasiliano/Pan-Africano).	Porção situada entre o terreno Santa Quitéria e a Zona de Cisalhamento Senador Pompeu. São terrenos evoluídos a partir da orogênese Transamazônica são constituídos por anfibolitos, paragneises, quartzitos, metaconglomerados, ortogneises tonalíticos graníticos. Correspondem ao Complexo Independência, Grupo Itatira e uma porção do Grupo Ceará.	Afloram ao longo da borda ocidental da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu. É referenciada nessa área uma sequência meta-vulcanossedimentar formada por: metabasaltos, <i>sills</i> máfico-ultramáfico, xistos grafitosos, mármore, quartzitos e metacherts. Tem sido denominada de Grupo Cruzeta e/ou Sequência Tróia.

Fonte: Adaptado de MARTINS, G. 2000; CASTRO, G. L *et al.* 2005.

As evidências estruturais são expressas através de tectônica ruptural, das deformações plásticas, da sucessão de *horsts* e *grabens*, de movimentos diastróficos passados que tem significado importante para a compreensão do arcabouço estrutural regional. (SOUZA, 1988, p. 86).

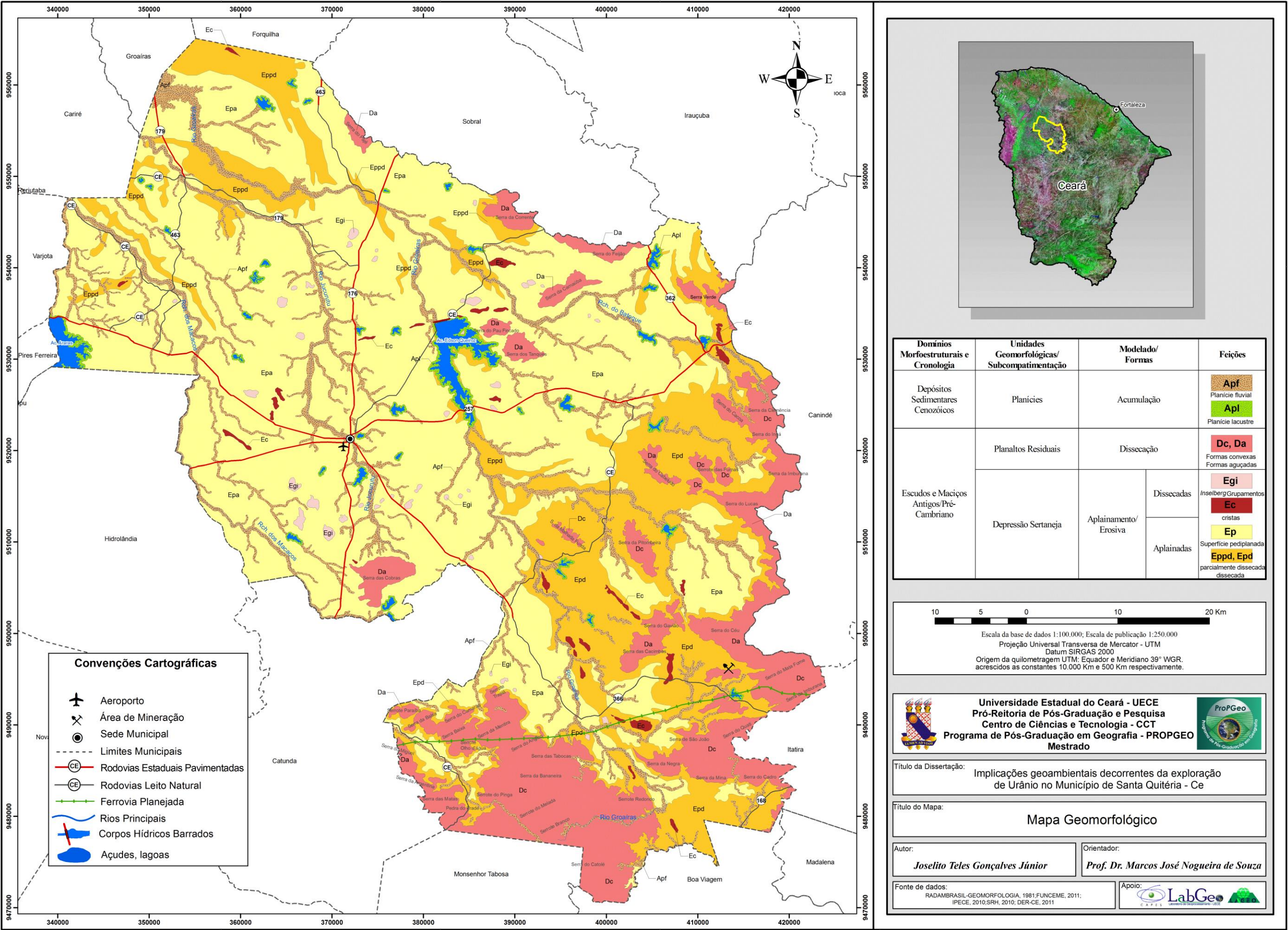
O reflexo da tectônica no embasamento estrutural da área reflete um modelado bem característico através dos lineamentos, destaque para a falha do rio Groaíras com direção NW – SE de aproximadamente 200 km de extensão. Mello *et al* (1978) a descreve como feição de traçado nítido e retilíneo, por vezes, exibindo na morfologia cordões de serrotes alongados com uma faixa cataclástica estendendo-se em média por 20 km de largura (Mapa 3, Sistemas de lineamentos, principais contatos litológicos e MDT. Página 68). Ver também (Figura 10.2. Página 81)



Mapa 3

De forma geral, o ambiente infra-crustal das litologias pré-cambrianas é refletido na complexidade de suas estruturas expostas pelo profundo nível de erosão da atualidade. Esse arcabouço tectônico impôs-se de maneira tão marcante, que sobre o vigor de seus traços, a morfologia escultorou as suas paisagens (Mello 1978, p.393). Para Souza, (1981, 2000) os aspectos litológicos se refletem através das diferentes fácies de dissecação ou por meio das formas de erosão diferencial uma vez submetida à interferência dos mecanismos morfoclimáticos. As diferentes litologias respondem aos processos naturais externos (dinâmica exogenética), segundo seus componentes mineralógicos e ao grau de metamorfismo empregado se expressando, principalmente, na morfogênese e pedogênese que na área estão submetidas aos rigores da semi aridez. Segundo, Nascimento, (2006, p. 145) a geologia com a geotectônica e a litologia, desempenham funções centrais na complexa elaboração das formas de relevo, seguidos de fatores paleoclimáticos e morfogenéticos atuantes. A propósito Casseti, (1994) afirma que o entendimento da morfologia incorpora o conhecimento do jogo de forças antagônicas, sintetizadas pelas atividades tectogenéticas e mecanismos morfoclimáticos.

A partir da paisagem em que a área está compreendida apresentam-se os domínios morfoestruturais baseados em Souza, (1988) da seguinte forma: domínios dos escudos e maciços antigos com embasamento cristalino materializando a depressão sertaneja, maciços, cristas residuais e *Inselbergs* indistintamente pré-cambriano com formas erosivas pediplanadas e dissecadas respectivamente; e domínios dos depósitos sedimentares cenozóicos com formas de acumulação recente evidenciadas pelas planícies fluviais, planícies lacustres e áreas de acumulação inundáveis - aluviais. (Mapa 4, Geomorfológico. Pág. 70).



Mapa 4

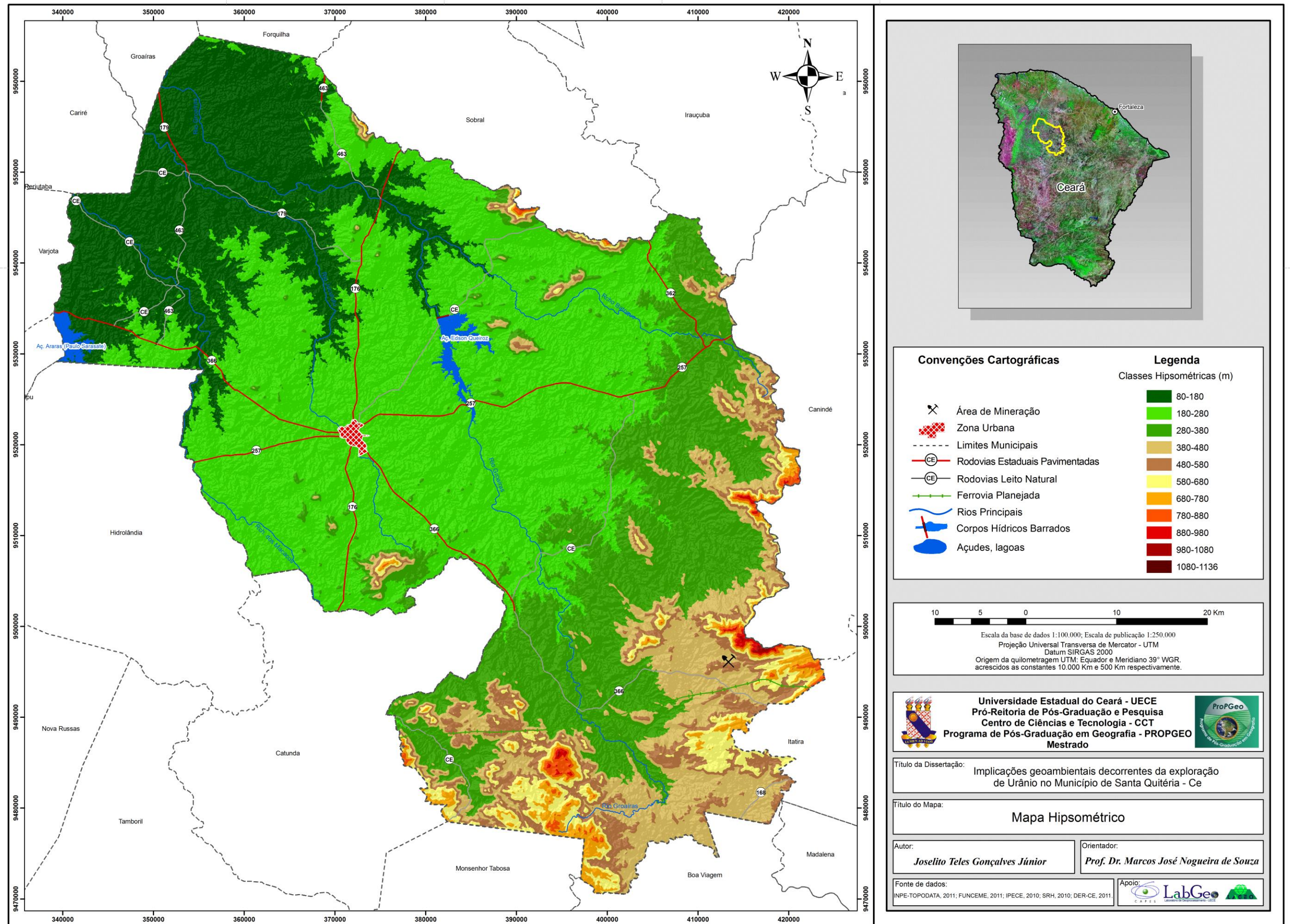
Cada qual possuindo modelados e feições morfológicas com características ambientais próprias, de modo que a primazia é quase exclusivamente das depressões sertanejas, no entanto, segundo Souza, (1981) é incorreto admitir que as potencialidades ecológicas não cheguem a oferecer diferenciações nessas depressões.

A morfologia da região pode ser aferida a partir dos já mencionados componentes litológicos e processos tectônico-estruturais submetidos a variações climáticas ao longo do Cenozóico.

O Terciário superior parece encerrar o derradeiro episódio de reativação crustal em função do soerguimento do continente. A partir daí, a estabilidade tectônica possibilitou a primazia dos processos morfoclimáticos que, por todo o Quaternário e até a fase atual, justificam as características fundamentais da morfologia regional. (SOUZA, 2000, p. 61)

Geneticamente, a evolução da região é justificada pelo recuo paralelo das vertentes, através da erosão, que deram origem as superfícies pedimentadas, que por sua vez, sofreram um processo de coalescência e originaram paisagens planas ou suavemente inclinadas, denominadas de pediplanos, que ocasionalmente são interrompidos por maciços, cristas residuais e *inselbergs* que congregam litologias mais resistentes. Deve-se ressaltar o papel das condições climáticas como condicionante e conseqüentemente a ação do escoamento superficial no arrasamento dos solos e na elaboração dessas paisagens. (AB'SABER, 1999; BIGARELLA *et al*, 2003; SOUZA, 1981, 2000; KING, 1957).

Através da variação altimétrica demonstrada no mapa hipsométrico (Mapa 5. Pág. 72) é possível compreender sinoticamente esses domínios e aferir de forma integrada a compartimentação do terreno.

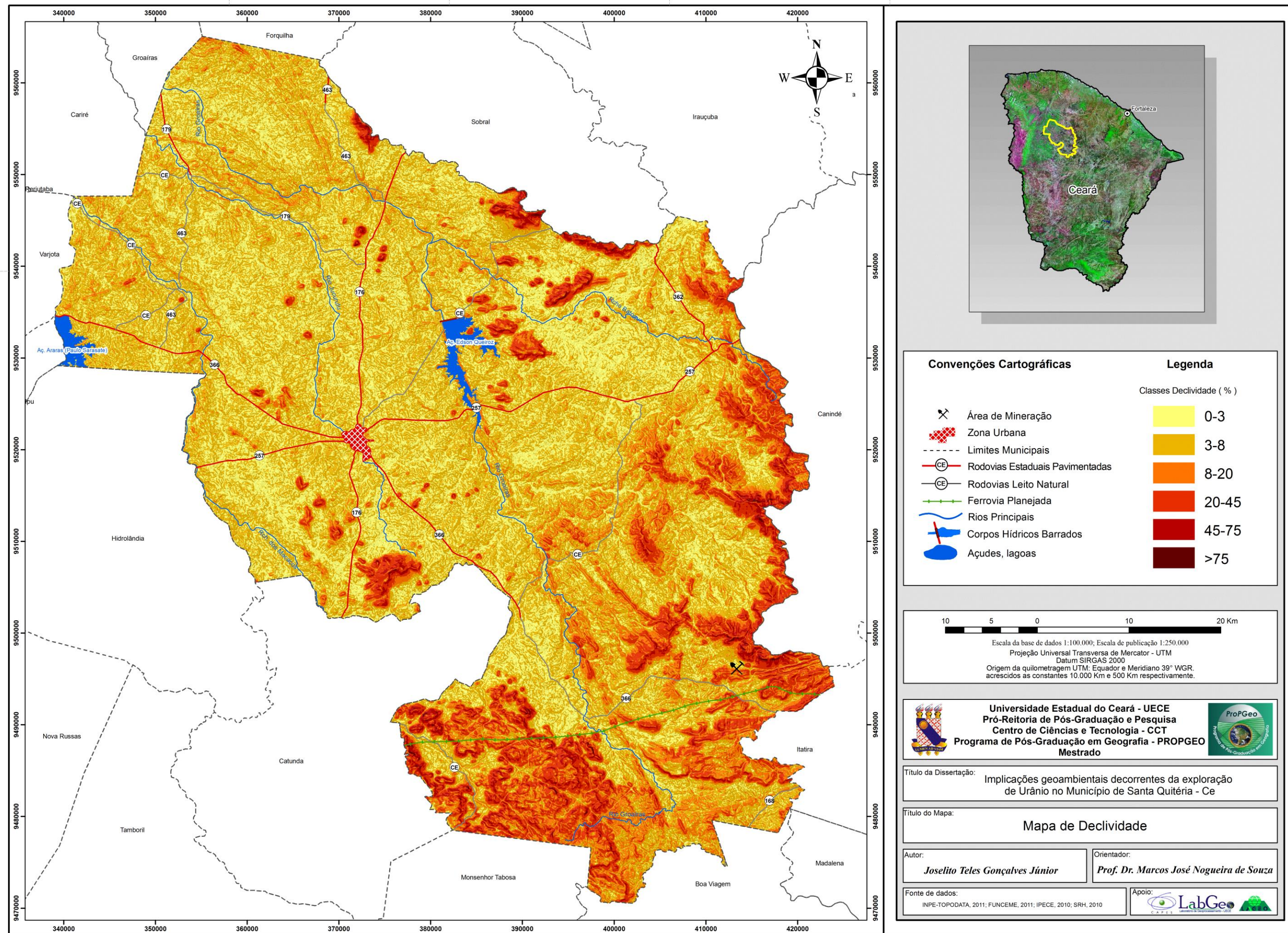


Mapa 5

Depressão Sertaneja

A espacialização da depressão sertaneja engloba uma área de 3.149 km² representando 73,8% do território total do município que é de 4.260 km². A superfície sertaneja em destaque subdivide-se em duas porções distintas: área conservada e área dissecada. (Figuras 10.3 e 10.4). A área conservada abrange 2.272 km² (53,3%), sendo mais evidente nos quadrantes N, NW, W e central com topografia predominantemente plana com altitudes variando de 100 a 300m, favorecida pelo truncamento das rochas promovido pela erosão, com drenagem de padrão dendrítico e subdendrítico com densidade fraca. Nas partes mais dissecadas essa densidade é levemente acentuada, sobretudo, devido às áreas residuais com cotas altimétricas sensivelmente mais elevadas entre 300 a 400m em colinas, cristas e lombadas. Nesses setores ocorre um maior sulcamento das rochas proporcionado pela drenagem justificando, de certa forma, essa dissecação. Essas feições abrangem 876,7 km² equivalendo a 20,5% da área com predominância nos setores SE, E e S. Indistintamente Souza, (1979) descreve que as áreas deprimidas do sertão se evidenciam através de rampas suavemente inclinadas com declives da ordem de 3 a 8%, sendo esse caimento topográfico orientado na área em questão para os fundos de vales. (Mapa de Declividade – Mapa 6. Pág. 74).

A declividade mede o ângulo de inclinação da superfície local do terreno em relação ao plano total dessa superfície e constitui uma variável morfométrica básica nos estudos de planejamento do ambiente porque possibilita a compreensão da morfodinâmica através do potencial de transporte gravitacional, do índice de dissecação do relevo, do entalhamento da drenagem, do escoamento, da erosão, e demais processos que ocorrem na vertente, segundo a intensidade do declive, subsidiando diretamente a interpretação geomorfológica e aplicação das restrições legais dadas pela legislação pertinente. As classes utilizadas foram as seguintes (Tabela 2).



Mapa 6

Classes de Declives	Características do Terreno	Área e Percentual
0 – 3 %	Relevo plano	1.270 km ² e 29,8%
3 – 8 %	Relevo suave ondulado	1.984 km ² e 46,6%
8 – 20 %	Relevo ondulado	531,6 km ² e 12,5%
20 – 45 %	Relevo forte ondulado	380,1 km ² e 8,9%
45 – 75 %	Relevo montanhoso	88,7 km ² e 2,08%
>75%		5,2 km ² e 0,12%

Tabela 2: relação das classes clinográficas com o modelado do relevo e suas respectivas extensões

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir da ficha de campo da disciplina Geomorfologia Ambiental ministrada pelo prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza em 2011.

Na sobreposição das unidades geomorfológicas (Mapa 4. Pág. 70) ao mapa de declividade (Mapa 6. Pág. 74) percebe-se que a depressão sertaneja conservada apresenta uma intensa variabilidade espacial nas duas primeiras classes (0 – 3% e 3 – 8%) que se configuram mais como rugosidades no terreno do que propriamente declives e aclives não impondo, dessa forma, limitações relacionadas à inclinação do terreno.

Nas depressões é notório, sobretudo nos períodos chuvosos, um processo de acumulação nas regiões mais deprimidas configurando espaços de maior potencial edáfico nas áreas sertanejas, denominado por Souza, (2011) de áreas de inundação sazonal, no entanto, sua ocorrência é espacialmente pontualizada.

O rigor semiárido das superfícies sertanejas impõe uma intermitência sazonal no regime dos rios conferindo a eles baixa competência energética e consequentemente pouco poder de entalhamento dos vales, justificando a pequena amplitude das encostas. Souza, (1979, 1988) afirma que quando a drenagem se adensa e as rochas tenras prevalecem, há condições para que a topografia se mostre mais dissecada e os interflúvios assumam formas de topos convexizados.

Seguindo a inflexibilidade dos ambientes semiáridos no tocante a irregularidade pluviométrica sucede-se o estrato vegetal com a caatinga obedecendo florística e fisionomicamente a gama de solos expressos por complexas associações apresentadas mais adiante.

A combinação dos elementos bióticos e abióticos (potencial ecológico e exploração biológica) refletem características intrínsecas que possibilitam ainda uma

delimitação em nível de sertões visando, sobretudo, o zoneamento ambiental do município. Em macroescala pode-se definir a partir de Souza, (1995) as seguintes regiões: sertão ocidental da Ibiapaba e sertão centro ocidental conforme figura 12.

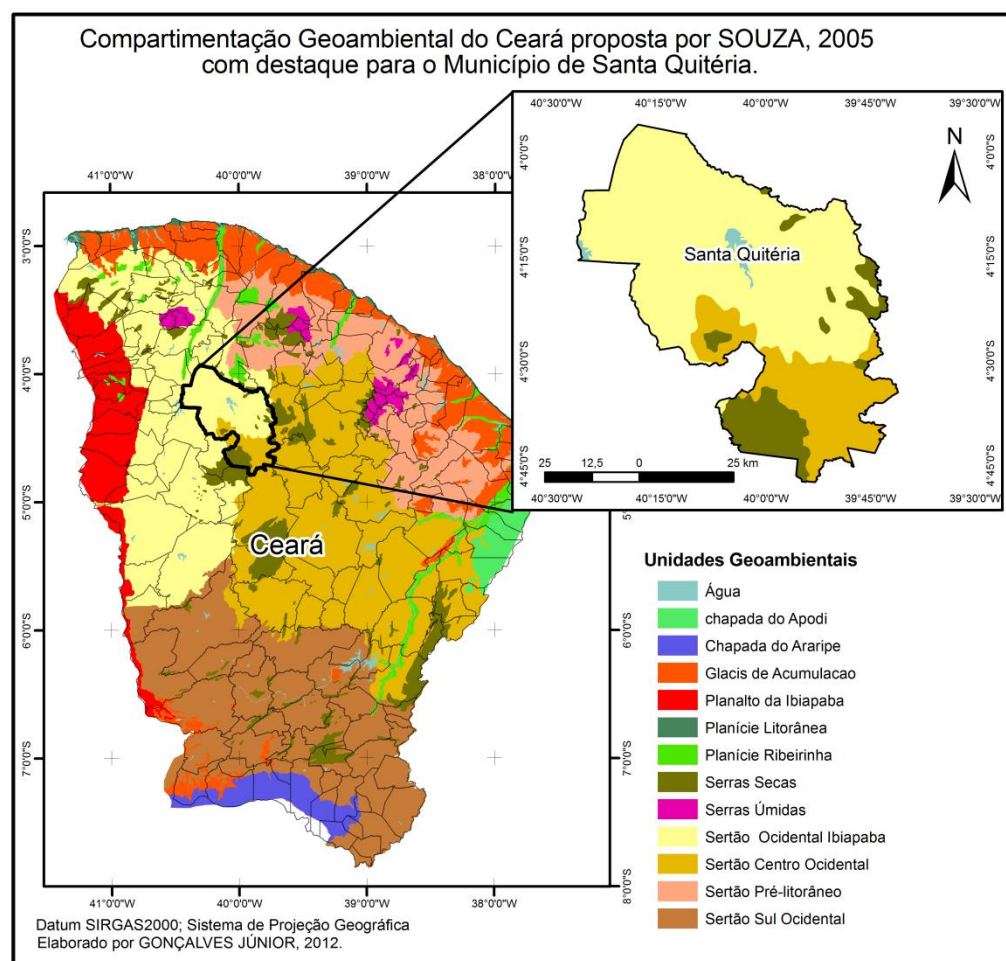


Figura 12: compartimentação geoambiental do Ceará com destaque para os sertões que abrangem Santa Quitéria

Fonte: Souza, 2005

Maciços Residuais

Apresentam-se na configuração fisiográfica das superfícies planas sertanejas como áreas topograficamente mais elevadas. Para Ab'Saber, (1999, p. 17) conseguem quebrar a monotonia das condições físicas e ecológicas dos sertões secos. Souza, (1988) aborda-os como maciços antigos constituídos por rochas metamórficas ou intrusivas com morfogênese química e evolução associada com os processos de dissecação do relevo. Para Penteado, (1974, p.57) os maciços antigos são porções da crosta

correspondentes ao antigo assoalho de velhos dobramentos que foram várias vezes soerguidos e arrasados pela erosão.

A partir do contexto regional pode-se apresentar algumas características, por vezes, generalizadas, mas que denotam a importância e o significado que essas “áreas de exceção” (SOUZA, 2011), “brejos de cimeira ou altitude” (AB’SABER, 1999) apresentam em nível de escala local, como a significância na interpretação paleoclimática e paleoecológica dos quadros paisagísticos que predominaram no Brasil durante os períodos secos do Pleistoceno; regiões que podem congregam condições climáticas úmidas e subúmidas com temperaturas mais amenas onde desenvolve-se uma vegetação de maior porte e mais adensada e um sistema de policultura, em minifúndios. (AB’SABER, 1999; SOUZA, 1988).

No Ceará encontram-se localizados preferencialmente SW-NE ou SSW-NNE. A disposição espacial desses maciços se reflete em suas características edafoclimáticas, de forma que, os mais interiores sofrem os fatores da continentalidade. Souza, (*op cit*, 1981, 2000) considera, além dessa localização, o fator altimétrico como condicionante dessa distinção ambiental e classifica-os da cota de 600m acima os que agregam maior significado fisiográfico e ecológico com dissecação em topos aguçados e/ou convexos com declividades mais acentuadas, com predomínio do intemperismo químico, principalmente, nas vertentes a barlavento podendo ser destacados na área as Serras das Matas e Serras do Machado como as mais portentosas e ainda a Serra das Cobras e serra da Correntes. Já as que possuem altitude em torno de 400 a 600m são classificados como maciços cristalinos secos com características ambientais mais próximas às depressões sertanejas. Essas unidades totalizam 622,7 km² e representam 14,6% do município.

As serras das Matas abrange os municípios de Monsenhor Tabosa, Catunda, Tamboril, Boa Viagem e Santa Quitéria, sendo que nesse último, área de interesse da pesquisa, localizam-se as vertentes setentrional e oriental constituindo uma das regiões topograficamente mais elevada do município. Esse maciço é definido por Souza, (1981) como um bloco elevado, constituído por migmatitos apresentando as evidências dos efeitos do tectonismo plástico e ruptural. A variação altimétrica ocorre entre o platô, com topos convexos ou tabulares – 600 a 800m apresentando certa uniformidade com feições menos acidentadas da parte central para S-ESE; na porção ocidental verificam-se cotas entre 550 a 1.120m com dissecação em cristas e vales profundos, nesse setor encontra-se a nascente do rio Acaraú; nas vertentes setentrional/oriental o relevo é

igualmente dissecado em cristas com vales profundos com padrão de drenagem dendrítica, sendo destacado por Souza, *op cit* a nitidez das influências estruturais através da ocorrência de formas aguçadas orientadas segundo a direção SE-NW acompanhados também por vales, destaque para a nascente do rio Groaíras, nesse setor a altitude varia de 600 a 1.080m com declividades acentuadas entre 20 a 45%. O paralelismo entre cristas e vales confere à área uma estrutura semelhante às apalachianas.

Diversificando o quadro geoambiental de Santa Quitéria apresentam-se ainda um conjunto de serras, na parte sudeste, que compõe a vertente ocidental do maciço cristalino do Machado. A serra do Machado se apresenta como divisor das bacias do Acaraú, Curu e Banabuiú. Segundo Nascimento, (2006 p.162) a dissecação produziu relevos de cristas (*hog-backs*), colinas rasas e entrecortadas de declives superiores a 15°. Em alguns setores são evidenciadas as estruturas apalachianas. A vertente compreendida nos limites da área em estudo é a de sotavento, por isso prevalecem os processos intempéricos mecânicos com condições climáticas subumidas secas e secas, solos pouco espessos com rochas aflorando, refletindo em uma vegetação de mata seca de porte e densidade variada assemelhando-se em alguns lugares à caatinga. As serras em epígrafe no sentido N-S (leste do município) são:

- Serra da Clemência – 400 a 640m;
- Serra do Cacoá – 400 a 660m;
- Serra do Ingá – 400 a 580m;
- Serra da Imburana – 400 a 900m;
- Serra do Lucas 400 a 980m;
- Serra do Céu – 400 a 1080m;
- Serra do Mata Fome – 400 a 860m;
- Serra da Laranjeira – 400 a 780m.

Na área são encontradas também as serras secas, produtos da erosão diferencial, que não apresentam distinção entre as vertentes de barlavento e sotavento, e consequentemente não exibem diferenciação no potencial edafoclimático. Souza (1988, p. 60) as denominou de pequenos maciços sertanejos afirmando que “de suas bases, como dos maiores compartimentos elevados, partem as rampas suavizadas que coalescem para constituírem as depressões sertanejas”. (Figura 10.5).

Inselbergs e Cristas residuais

Estão localizados pontualmente, ao longo da depressão sertaneja, justificando, como já mencionado a evolução dessas paisagens, como consequência da erosão diferencial. Na área em estudo ocupam 41,6 km² sendo 1% de todo território municipal e se mostram em geral alinhados conforme uma direção preferencial SE-NW (Souza, 1981). Apresentam formas com dissecação bem características, quase sempre abruptas com topos convexos. Segundo, Nascimento, (2006, p. 163) são compostos por “lentes de quartzitos resistentes, litotipos graníticos homogêneos, espaçadamente fraturados e migmatíticos metamorfizados”. São quase ou totalmente desprovidos de solos apresentando, no máximo, fragmentos litólicos oriundos da ação mecânica. Destaque para as pequenas feições denominadas de caneluras ou marmitas que sulcam a rocha e por vezes permitem o desenvolvimento tênue de uma vegetação rupestre com cactáceas (caatinga rala). As cristas se diferenciam na disposição das formas que são estreitas e alongadas e nas demais condições não fogem à regra dos *inselbergs*.

Planícies Fluviais

Constituem os ambientes de formação e evolução mais recente dentre as unidades apresentadas juntamente com as planícies lacustres. No entanto, as planícies fluviais estão dispostas em conformidade com os rios sendo elaborada pela deposição fluvial, segundo o escoamento, a competência energética e as características do regime hidrológico da bacia em consonância com os demais fatores ambientais.

Os rios são canais de escoamento concentrado da água que permitem sua transferência, por gravidade, das regiões mais altas para as mais baixas. (NOVO, 2008, p, 221). Suas características no alto, médio e baixo curso selecionam os sedimentos para deposição. Nesse processo evidenciam-se os modelados típicos de acumulação definidos por Souza, (1979) como homogêneos e claramente identificados em: vazante, compreendendo basicamente o talvegue e o leito menor do rio submetida a cheias periódicas; a várzea, logo após a vazante, composta essencialmente por áreas planas, inundadas apenas em anos excepcionalmente chuvosos. Já “o limite da planície com os interflúvios, é marcado finalmente pela ocorrência de terraços fluviais – pequenas barrancas recobertos por seixos poucos arrestados que compreendem parcelas representativas dos antigos leitos de inundação sazonal.” p, 84.

Em Santa Quitéria as planícies fluviais ocupam apenas 390 km² ou 9% de todo o terreno municipal congregando boas condições para o desenvolvimento das atividades locais, notadamente a agricultura. Podem ser destacadas as planícies do rio Groaíras como a mais extensa longitudinal cortando o município praticamente de N a S; a do rio Jucurutu em uma área predominantemente plana, onde em seu alto/médio curso foi desenvolvido o sítio urbano de Santa Quitéria; a planície do riacho dos Macacos bordejando a fronteira territorial do extremo W do município e a planície do riacho do Batoque na porção leste, além dessas podem ser encontradas planícies menores, mas que desempenham papel similar nas potencialidades, sobretudo de oferta hídrica. (Figura 10.6)

As planícies lacustres mapeadas totalizam 98,3 km² equivalendo a 2,3% da área total assemelhando-se em parte às planícies fluviais. Destaque para a planície do açude Edson Queiroz como a mais extensa e conseqüentemente mais explorada.



Fonte: Reis e Neto, 2011

Figura 10.1: Centro urbano do município de Santa Quitéria.



Fonte: Autor, 2011

Figura 10.2: Corte de estrada evidenciando o embasamento estrutural da região de Santa Quitéria.



Fonte: Autor, 2011

Figura 10.3: Depressão sertaneja conservada (primeiro plano)



Fonte: Autor, 2011

Figura 10.4: Depressão sertaneja dissecada (primeiro plano da fotografia)



Fonte: Reis e Neto, 2011

Figura 10.5: Maciço residual, vista parcial da serra do Céu.



Fonte: Autor, 2011

Figura 10.5: Planície Fluvial.

Figura 10: Condições Geológicas e Geomorfológicas de Santa Quitéria, Ceará.

3.3. Condições Hidroclimáticas

A compreensão climática e consequentemente hidrológica do município de Santa Quitéria não foge a habituais e predominantes condições semiáridas de boa parte do território cearense e de uma parcela significativa do Nordeste brasileiro. Considerando a abordagem integrada da pesquisa e a imposição econômica, social e ambiental que o clima seco tem, historicamente, imprimido na geografia física e humana dessas áreas remete-se a compreensão dos elementos e fatores que condicionam e caracterizam a semi aridez e o regime termo-pluviométrico, sobretudo, porque os recursos hídricos são potencialmente um dos maiores veículos da possível contaminação radioativa na área em estudo.

Segundo Mendonça, (2007) para o conhecimento do clima de uma determinada área, faz-se necessário a identificação dos controles climáticos a que ela está submetida, pois o clima local é definido por aspectos meso e macroclimáticos.

O clima da Terra tende a ser frio e seco nas direções dos polos e quente e úmido na direção do equador, existindo exceções à regra geral (RICKLEFS, 1996). Nesse sentido Nimer, (1979, p. 315) conclui que a enorme extensão territorial do nordeste e a disposição do relevo somado à conjunção de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia dessa região uma das mais complexas do mundo. Para Ab'Saber, (1974, 1985) os climas sertanejos do nordeste seco constituem uma região semiárida de posição marcadamente azonal de expressão regional onde o inverno é seco, quase sem chuva e o verão é chuvoso, de forma que, predomina a irregularidade nas precipitações e a regularidade nas temperaturas. Para Souza, (2003, p.145) “o semiárido fica situado em posição marginal em relação aos ambientes de climas áridos e semiáridos tropicais e sub-tropicais da Terra”.

Certamente, essa imprevisibilidade tem marcado um povo arraigado de telurismo no tocante ao modo de vida, ao uso da terra e a utilização dos recursos naturais, muitas vezes, sobrepujando as limitações e a capacidade de suporte do ambiente condicionando, dessa forma, quadros geoambientais extremamente desfavoráveis no balanço conservação/degradação. Nascimento, (2006, p. 167) coloca que o reconhecimento dos processos naturais que são influenciados pelo clima é indispensável para se compreender que a vida humana é ajustada as condições

atmosféricas e climáticas. Fazendo um paralelo com os reflexos sociais imprimidos nessas áreas secas Souza, (*op cit*) suscita que o “caráter irregular e imprevisível do semiárido é fator condicionante da vulnerabilidade da economia regional e, sobretudo da economia rural” (p.150).

Entende-se, ainda que conhecer o comportamento habitual dos elementos do clima, através dos parâmetros climáticos é fundamental para o eficiente planejamento ambiental no que se diz respeito à elucidação de questões práticas ligadas ao dia-a-dia dos habitantes como na agricultura, na pecuária, no lazer, na qualidade e disponibilidade de recursos hídricos manifestados através de indicações de uso e manejo da terra adequada no tempo e no espaço e consequentemente das atividades socioeconômicas desenvolvidas. Nesse sentido Zanella e Sales, (2011, p. 61) ratificam que a identificação dos tipos climáticos constitui importante subsídio às atividades que, direta ou indiretamente, dependem do meio ambiente, pois possibilitam o conhecimento das características climáticas básicas e gerais de uma região, auxiliando o planejamento das atividades agrícolas e a gestão dos recursos hídricos.

Dessa forma fica patente a influencia do clima em epígrafe, no contexto espacial, social, econômico e ambiental do nordeste, sendo o mesmo condicionado pelos sistemas atmosféricos de macro, meso e microescalas sintetizados no quadro 2. Todavia, para Ayoade, (2003, p. 4) os vários fenômenos atmosféricos que vão desde as zonas planetárias até os sistemas de ventos locais constituem um único espectro contínuo dos sistemas climáticos.

Quadro 2: características dos sistemas produtores de chuva no Nordeste brasileiro.

Escala dos Sistemas de Circulação Meteorológica		
Macroescala	Mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no NEB	
	Zona de Convergência Intertropical - ZCIT	Características
		Importante sistema meteorológico que atua nos trópicos influenciando o tempo e o clima na vasta área tropical e consequentemente no NNE do Brasil (CAMARGO <i>et al</i>, 2004); É uma extensa região de confluência dos alíseos de NE, oriundos do sistema de alta pressão (anticiclone subtropical) do Hemisfério Norte e dos alíseos de SE procedentes da alta subtropical do Hemisfério Sul (MOLION E BERNARDO, 2000). O choque entre eles em baixos níveis faz com que o ar quente e úmido ascenda e provoque a formação de nuvens (FERREIRA E MELLO 2005); Normalmente posiciona-se a 5° N, mas em simetria com os centros de alta pressão dos hemisférios N-S oscila constantemente. Seus deslocamentos mais importantes ocorrem no verão-outono. Na região nordeste seus efeitos são sentidos por volta de fevereiro a maio, e intensificados de março a abril quando atinge o máximo deslocamento para a porção meridional (NIMER, 1979; SOUZA, 2003). É o principal mecanismo responsável pelas chuvas que ocorrem no norte do NE brasileiro. Em sua área de atuação são consideradas como principais características atmosféricas-oceânicas as zona de confluência dos Alísios (ZCA); zona do cavado equatorial; zona de máxima temperatura da superfície do mar (TSM); zona de máxima convergência de massa; zona da banda de máxima cobertura de nuvens convectivas. (CAMARGO <i>op cit</i>; MELLO <i>op cit</i>). Tais interações ocorrem não necessariamente de forma simultânea, mas interagem todas na faixa equatorial.

	Sistemas Frontais ou Frentes Frias	Constitui um mecanismo importante de produção de chuvas para as regiões sul (SNE) e este do Nordeste (ENE). Ocorre quando a penetração das frentes frias chega até as latitudes equatoriais – 5°S e 18°S, coincidindo frequentemente com o inverno/primavera do hemisfério Sul (MOLION E BERNARDO, 2000). As frentes frias são bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa), de forma que a mais fria penetra por baixo da quente, como uma cunha, e faz com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente as chuvas (FERREIRA E MELLO, 2005). ⁶ Geralmente sua passagem por uma região é acompanhada por instabilidade atmosférica, alternâncias de tipos de tempo e, genericamente, ocorrência de precipitações (OLIVEIRA E MENDONÇA, 2007).
	El Niño/Oscilação Sul (ENOS)	Fenômeno climático que afeta o tempo e o clima globalmente, sobretudo nos trópicos. Decorre da forte influência das condições oceânicas no clima. Caracteriza-se pelo aquecimento incomum das águas superficiais nas porções central e leste do oceano Pacífico (OLIVEIRA E MENDONÇA, <i>op cit</i>). Com isso o ramo ascendente da circulação Hadley-Walker são deslocados para essa águas anormalmente quentes originando centros ciclônicos nos altos níveis sobre o norte/nordeste da América do Sul e uma forte subsidência sobre essa região e sobre o Atlântico tropical. Essa subsidência enfraqueceria a ZCIT e a convecção sobre o NE, diminuindo as chuvas (MOLION E BERNARDO, 2000). Dependendo da intensidade e período do ano que ocorre é um dos responsáveis por anos considerados secos ou muito secos no Nordeste brasileiro (FERREIRA E MELLO, 2005).

⁶ A ZCIT não entra nessa classificação porque nas proximidades da linha do Equador, não se observa expressiva variação térmica entre as massas de ar que se encontram (MENDONÇA E OLIVEIRA, 2007).

Mesoescala	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)	É um conjunto de nuvens que se formam no oceano Atlântico, entre os meses de novembro a março, com trajetória de leste para oeste. Adquire um formato aproximado de um círculo girando no sentido horário onde na periferia há formação de nuvens causadoras de chuvas. Essas precipitações são mais frequentes nos meses de janeiro e fevereiro (FERREIRA E MELLO, 2005).
	Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs)	Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., e provocam chuvas fortes, isoladas e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento (MELLO <i>et al</i> , 2005).
	Perturbações ondulatórias nos Alísios (POA)	Ocorre nas baixas latitudes e se caracteriza pela convergência dos ventos de sul, associados aos sistemas frontais, com os ventos de leste, provocando perturbações ondulatórias nos Alísios (POA) que se propagam para oeste imerso no campo dos alísios. Essas perturbações ondulatórias estão associadas às chuvas na região da Zona da Mata e consequentemente em todo costa ENE. (MOLION E BERNARDO,2000). Quando as condições oceânicas e atmosféricas estão favoráveis, também provocam chuvas no estado do Ceará nos meses de junho, julho e agosto, principalmente na parte centro-norte do estado (MELLO <i>et al</i> , 2005).
	Linhas de Instabilidade (LI)	Conjunto de nuvens organizadas em forma de linhas, normalmente do tipo <i>cumulus</i> . Sua formação ocorre basicamente por causa da grande quantidade de radiação solar incidente sobre a região tropical possibilitando o desenvolvimento dessas nuvens (<i>cumulus</i>), que atingem um número maior à tarde e início da noite, quando a convecção é máxima, com consequentes chuvas. Outro fator que pode contribuir para o incremento das LIs, principalmente nos meses de fevereiro e março, é a proximidade da ZCIT (FERREIRA E MELLO, 2005).

	Brisa Marítima e Brisa Terrestre	Decorrem do aquecimento e resfriamento diferencial entre a terra e a água. Brisa marítima: durante o dia o continente se aquece mais rapidamente que o oceano, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Isto faz com que o vento à superfície sopre do oceano para o continente. À noite isso se inverte favorecendo a brisa terrestre: o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Dessa forma a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopre do litoral para o oceano. (FERREIRA E MELLO, 2005).
Microescala	Circulação Orográfica	Precipitação orográfica é aquela causada inteira ou parcialmente pela elevação do ar úmido sobre terreno elevado. O grau de influência da altitude nessas precipitações depende de seu tamanho e de seu alinhamento relativo aos ventos portadores de chuvas, assim como, da estabilidade atmosférica e da umidade da massa de ar (AYOADE, 2003).

Fonte: elaborado pelo Autor.

É consenso na literatura que a semi aridez do NEB é materializada principalmente na incipiente precipitação de variação intra-regional e atemporal, já discutida, ao passo que as temperaturas seguem linhas isotérmicas constantes, durante o ano inteiro, dificilmente inferior a 22°C devido a sua localização nas baixas latitudes (próximo à linha do Equador) que favorecem a incidência perpendicular dos raios solares (ondas curtas) recebendo conseqüentemente maiores quantidades de energia por área. Conforme Ayoade, (*op cit*, p. 59) na zona equatorial, o sol está no zênite duas vezes por ano nos equinócios e, assim, as temperaturas são as mais elevadas.

A partir da compreensão dos sistemas climáticos no nordeste brasileiro ratificasse-se, segundo os autores citados no quadro 2 como os principais sistemas sinóticos que contribuem para a precipitação da área em estudo a ZCIT, a convecção local, efeito da continentalidade e raramente as frentes frias.

Na perspectiva da abordagem climática os 4.260,0 km² do território em estudo são classificados como clima tropical quente semiárido (FUNCEME/IPECE, 2011) apresentando baixa amplitude térmica anual com temperatura média em torno de 26° a 28°C. A partir do posto pluviométrico Santa Quitéria (Figura 13) foi executado o

balanço hídrico denotando os meses da quadra chuvosa do município (Figura 14) e os excedentes e déficits hídricos (Figura 15).

No estudo dos parâmetros e informações climatológicas foi considerado o entendimento de Christofolletti, (2000, p. 63) quando afirma existirem dificuldades para se analisar a morfologia estrutural dos sistemas climáticos, devido não apresentarem uma expressividade espacial definida na superfície terrestre. No entanto, as análises das variáveis, como precipitação e temperaturas sobre a configuração temporal, em cada área, constituem exemplos de modelo de análise morfológica configurando e retratando o comportamento das quantidades ocorrentes. Dessa forma, consideram-se os gráficos apresentados como modelos morfológicos representativos das condições termo pluviométricas da área.

Na materialização desses modelos foram utilizados informações e dados meteorológicos das instituições públicas: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE e Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O município em estudo é contemplado com nove postos pluviométricos com características e localização conforme a figura 13.

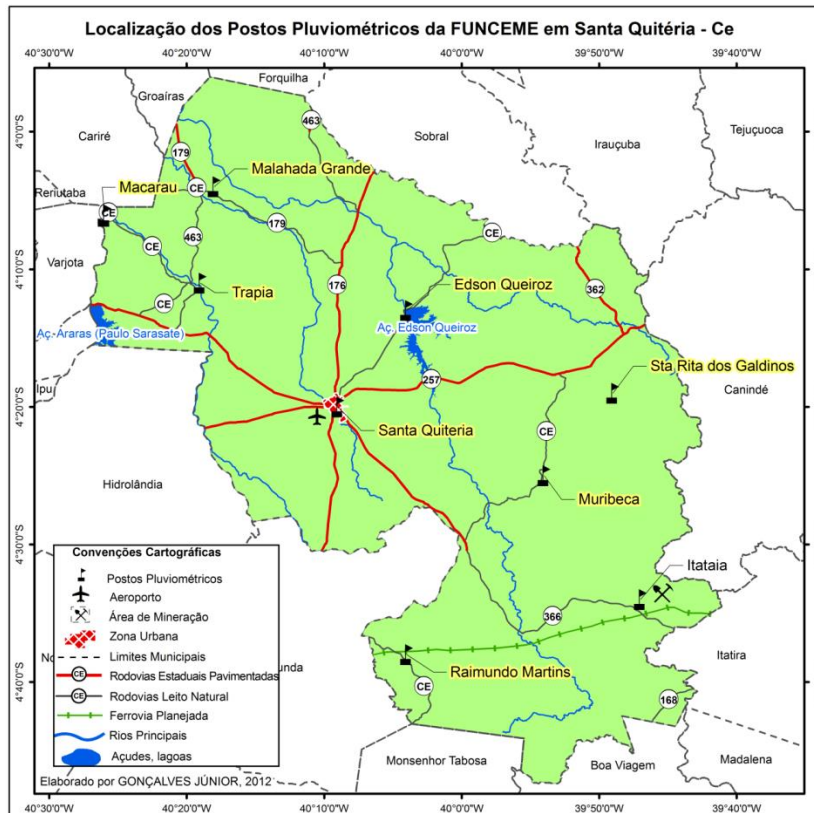


Figura 13: Relação e localização dos postos pluviométricos do município de Santa Quitéria.

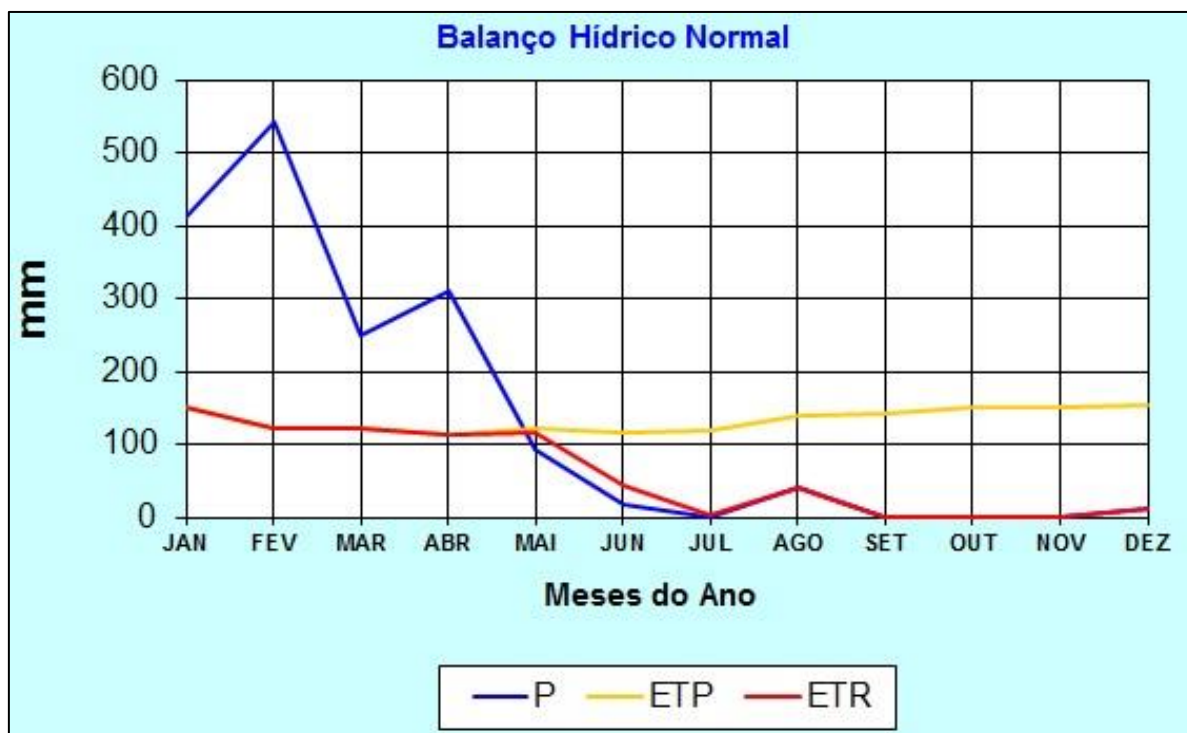


Figura 14: balanço hídrico referente ao ano 2000, considerado um ano de totais pluviométricos normais para a área.

Fonte: elaborado pelo Autor a partir de COSTA, F. GESSIVALDO – HIDROCEL – Cálculo do Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite & Mather, 1955.

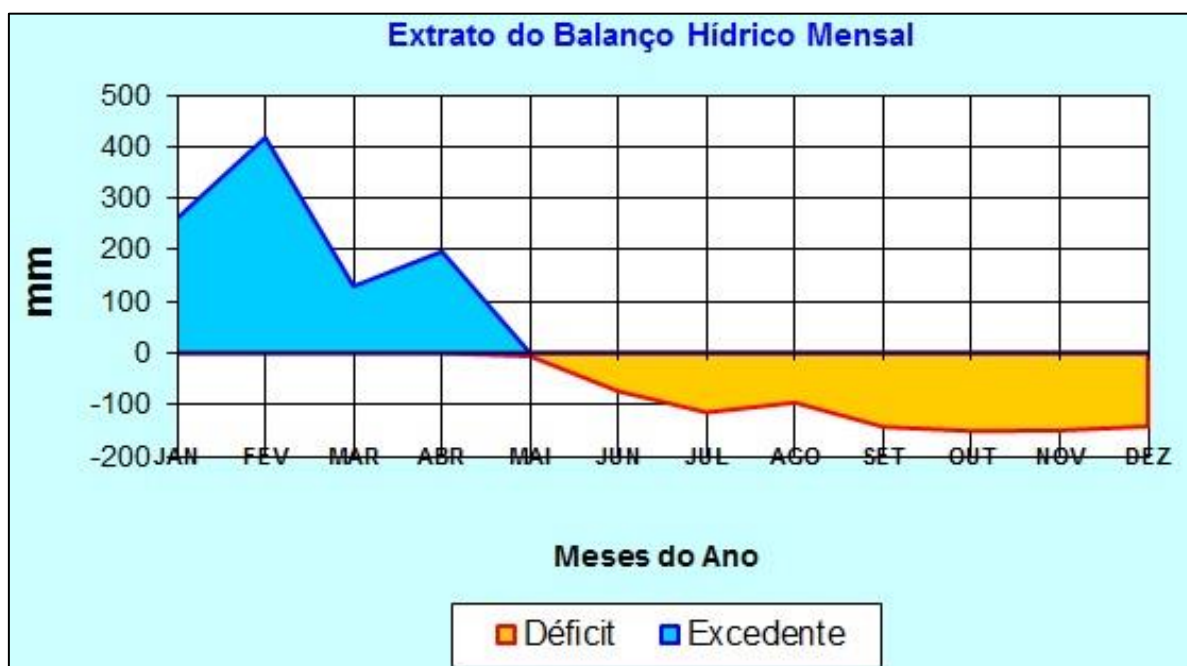


Figura 15: relação da oferta de água, referente aos meses do ano 2000.

Fonte: Elaborado pelo Autor a partir de COSTA, F. GESSIVALDO – HIDROCEL – Cálculo do Balanço Hídrico pelo método de Thornthwaite & Mather, 1955.

Como reflexo do regime hidrológico, sobretudo, das precipitações em interação com as condições geoambientais configuram-se as características do escoamento superficial e armazenagem subsuperficial responsáveis pela disponibilidade hídrica da área. A precipitação média anual sobre determinada região corresponde ao recurso hídrico renovável máximo de que se pode dispor. Porém, grande parte dessa água precipitada é consumida no processo de evapotranspiração, restando uma fração relativamente pequena para compor o escoamento superficial direto, a infiltração e o escoamento subterrâneo. (CEARÁ, 2008, p. 11)

A explicação do escoamento fluvial passa pela compreensão dos fatores condicionantes do clima, da estrutura geológica, do relevo, da cobertura vegetal, entre outras, de maneira que sua análise pode levar ao entendimento dos processos morfogenéticos que modelam a paisagem terrestre, atuando ainda na morfologia física, química e mineralógica dos solos. (CHRISTOFOLETTI, 1980; NOVO, 2008; SOUZA, 1975).

Em macroescala o sistema fluvial do município se distribui em duas áreas de captação distintas referentes às bacias hidrográficas do Acaraú e do Banabuiú correspondendo na primeira uma área de 4.128km² e na segunda 0,13km². Segundo Souza, (1975) a organização dessa drenagem ocorreu após a elaboração da superfície sertaneja moldando a configuração dos respectivos sistemas hidrográficos. “para que isso ocorresse parece ter vigorado uma fase com chuvas mais bem distribuídas, ao contrário do que se verificava a época da formação da superfície de aplainamento” (p.44).

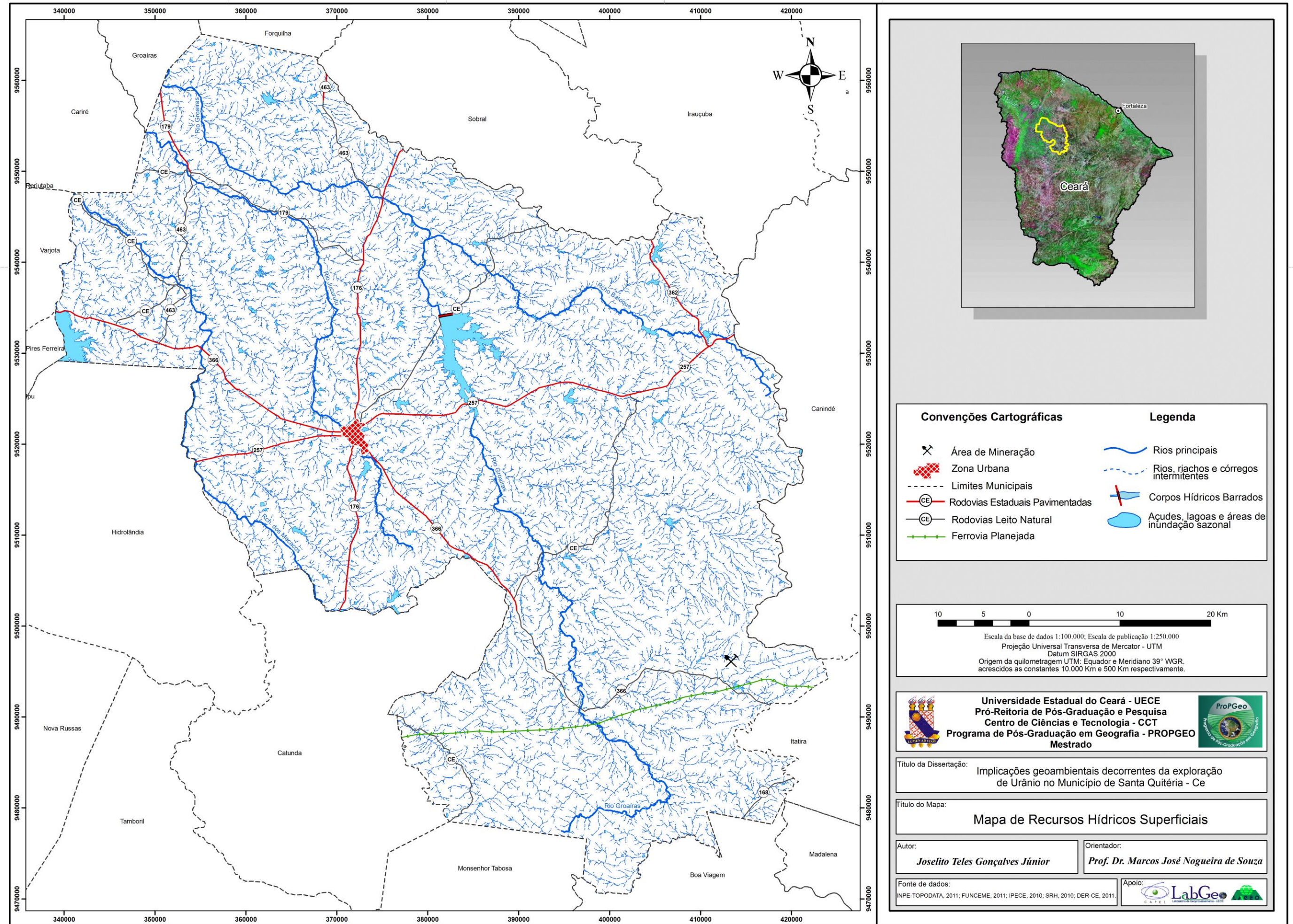
A bacia hidrográfica do Acaraú está localizada na região centro-norte do estado do Ceará e apresenta uma área total de 14.427 km² equivalendo a 9,2% do território estadual sendo, portanto, a segunda maior bacia independente do Ceará (SRH/COGERH, 2006). Seu coletor principal é o rio Acaraú e seus maiores tributários, localizados à margem direita, são os rios Groaíras e Jacurutu com as nascentes no município de Santa Quitéria, rio dos Macacos com médio e baixo curso também na área de estudo e o rio Jaibaras. A área de Santa Quitéria inserida nessa bacia corresponde a 28,6% de seu total denotando um estreito significado espacial de captação, drenagem e aporte de sedimentos para a referida bacia. Já a do Banabuiú possui uma área de 19.316 km², localizada na porção central do Estado, representada apenas com 0,6% do

município em seu sistema hidrográfico total. Essas bacias têm em comum a drenagem intermitente sazonal exorréica.

O escoamento superficial, regido pelas irregulares precipitações, restringe-se praticamente ao período chuvoso (ver balanço hídrico na figura 14), de forma que na estiagem os rios secam totalmente, com exceção dos que são semi-perenizados por adutoras e/ou sistemas de açudagem. (Figuras 16.1 e 16.2)

Souza, (1975, p. 46) destaca que o período das chuvas coincidindo com o verão, acarreta uma taxa de evaporação acentuada pelo aumento das temperaturas. Outra característica no escoamento é configurada pela insuficiente proteção da cobertura vegetal aliada ao incipiente manto de alteração das rochas e a impermeabilidade dos terrenos que se inter-relacionam favorecendo um forte escoamento superficial com reflexos direto no balanço morfogenético.

Em consonância com a natureza do terreno os cursos d'água (rios, riachos e córregos) individualmente são classificados em subseqüentes como o rio Groaíras e inseqüentes apresentando se em uma densa rede de canais. Em conjunto, conferem um padrão de drenagem dendrítico e subdendrítico conforme o mapa 7 (Pág. 92) de recursos hídricos superficiais.



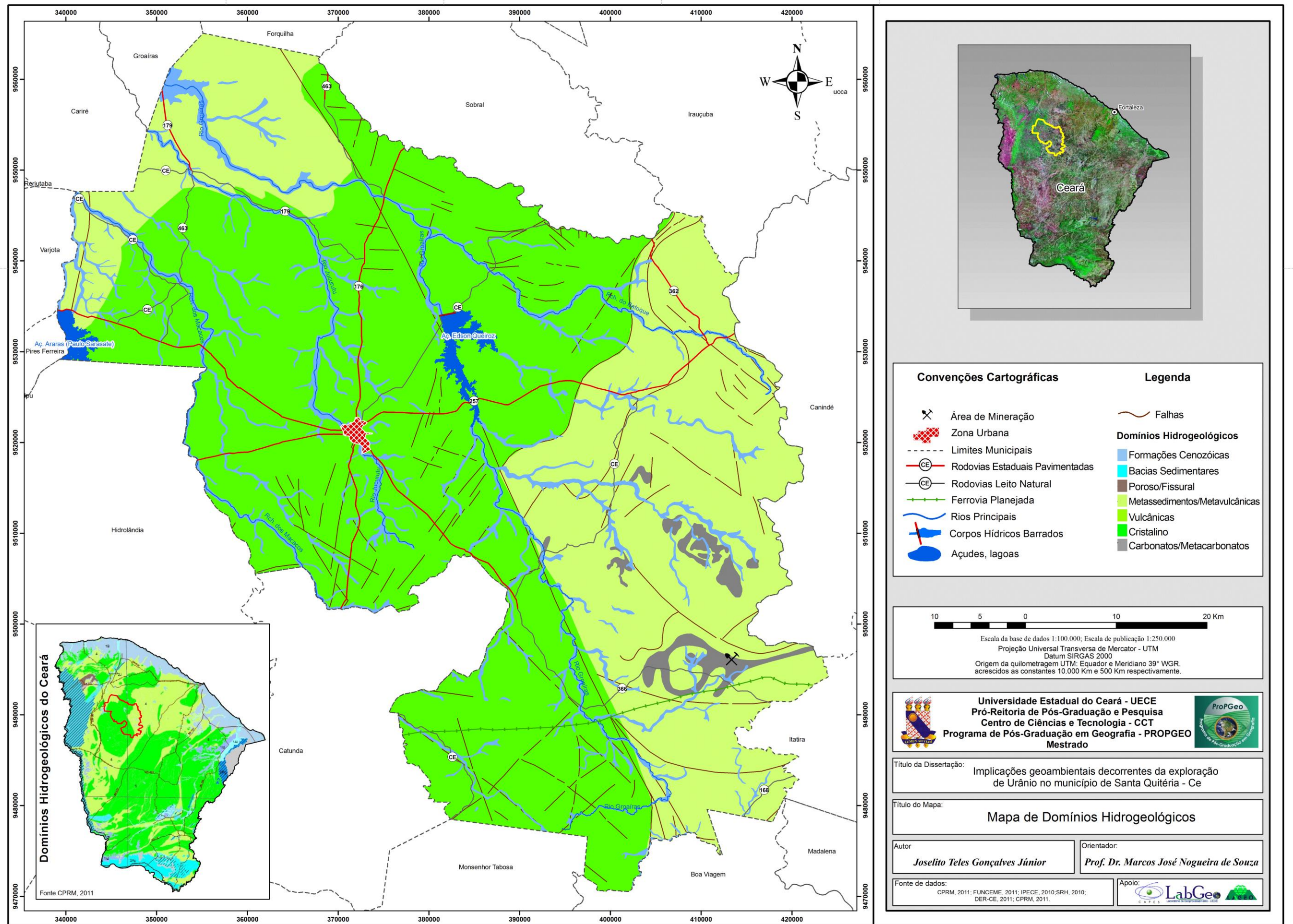
Mapa 07

A primazia de rochas do embasamento cristalino condiciona um baixo potencial de infiltração e armazenagem de águas subterrâneas sendo essas condições melhoradas nas zonas de depósitos aluvionares. No cristalino essa armazenagem é condicionada por zonas fissuradas ou fraturas nas rochas formando aquíferos de baixa produtividade, em que a qualidade da água é limitante a certos usos (SOUZA, 2000; CEARÁ, 2008). Nesse entendimento Gustafson e Krásný, (1994) referem-se a aquíferos cristalinos como áreas de rochas ígneas e metamórficas fraturadas com baixa porosidade e permeabilidade. Com essa limitação pode ser aludido para essas áreas as características de condutividade hidráulica.

“Não são as rochas que transmitem a água subterrânea, mas as fraturas e fissuras que formam aberturas condutivas pela matriz basicamente impermeável, ao contrário da definição clássica de aquífero, onde o condutor da água subterrânea é relacionado à formação em lugar das estruturas dentro dela. Neste sentido restrito, aquíferos não existiriam nas rochas fraturadas, e para a maioria dos propósitos práticos o termo aquífero deveria ser substituído pelo termo condutor hidráulico, que inclui características condutivas tais como fraturas, zonas de fraturas e o regolito em áreas tropicais. Essas zonas de fraturamento são desenvolvidas, ou reativadas, depois da formação da própria rocha”. (SILVA, 2004, p.05).

Conforme o serviço geológico do Brasil os domínios hidrogeológico⁷ da região são classificados em Cristalino, Metassedimentar-Metavulcânicos, Carbonato-Metacarbonatos, além dos aluvionares. (Mapa 8, dos Domínios Hidrogeológicos. Pág. 94).

⁷ “Grupo de unidades geológicas com afinidades hidrogeológicas, tendo como base principalmente as características litológicas das rochas” (Bonfim, 2010, p. 04)



Mapa 8

O domínio cristalino representa 54,2% (2.311,8 km²) da área. É composto basicamente por granitóides, gnaisses, granulitos, migmatitos, rochas básicas e ultrabásicas sendo denominado tipicamente de aquífero fissural. A porosidade primária nessas rochas é quase inexistente, de forma que a ocorrência de água subterrânea é condicionada por uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, dando origem a reservatórios aleatórios, descontínuos e de pequena extensão. Em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas, e a água em função da falta de circulação e do tipo de rocha tende a ser salinizada. A ocorrência desses litotipos se caracteriza por corpos maciços de grande extensão fazendo com que ele apresente a menor possibilidade de acumulação hídrica subterrânea dentre todos os aquíferos do tipo fissurais. Apresentam baixa/muito baixa favorabilidade hidrogeológica (BOMFIM, 2010, CPRM, 2011).

O domínio metassedimentos/metavulcânicas abrange 35,7% (1.523,9 km²) da área e reúnem xistos, filitos, metarenitos, metassiltitos, anfibolitos, quartzitos, ardósias, metagrauvacas, metavulcânicas diversas, entre outras. No geral, possui as mesmas características do domínio cristalino devido ser também classificado como um aquífero fissural. No entanto, a diferença entre eles ocorre devido às suas rochas apresentarem diferentes comportamentos reológicos, ou seja, “como elas tem estruturação e competência diferente, vão reagir também diferentemente aos esforços causadores das fendas e fraturas, parâmetros fundamentais no acúmulo e fornecimento de água”. (BOMFIM, *op cit*, p. 09). Dessa forma esse domínio possui maior potencialidade aos recursos subterrâneos se comparado ao domínio cristalino. (CPRM, *op cit*).

O domínio carbonato/metacarbonato totaliza 1,5% (63,5 km²). Apresenta-se também como aquífero fissural desenvolvido em terrenos onde predominam rochas calcárias, calcárias magnesianas e dolomíticas, que tem como característica principal, a constante presença de formas de dissolução cárstica. Suas fraturas e outras superfícies de descontinuidade são alargadas por processos de dissolução hídrica propiciando ao sistema porosidade e permeabilidades secundárias, que permitem acumulação de água em volumes consideráveis, de forma que sua favorabilidade hidrogeológica apresenta-se variável (BOMFIM, *op cit*, CPRM, *op cit*).

Esse domínio está concentrado na porção SE de Santa Quitéria coincidindo, em parte, com a região específica da jazida fosfato-uranífera (Mapa 8, dos Domínios Hidrogeológicos. Pág. 94). Segundo Silva, (2004, p. 10) a unidade de rocha carbonática consiste de mármore calcítico quase puro, mármore dolomítico e rocha cálcio-silicática,

da Formação Alcantil com espessura variando, em média, de 40 a 150 m. Podem ser distinguidas duas zonas de carstificação uma na porção centro-sul, onde ocorre a principal mineralização de fosfato e urânio da jazida, onde as fraturas cársticas estão preenchidas pela rocha mineralizada (colofanito) e também por material silte-argiloso de alteração das próprias litologias. A outra zona de carstificação está localizada principalmente na porção sudoeste da área de estudo, isenta de mineralização de fosfato e urânio, encontra-se bastante fraturada, com fraturas alargadas e basculamento de blocos, originados pela dissolução constituindo uma das principais áreas de recarga hídrica na região.

Os depósitos aluvionares, somam 7,8% (334,7 km²) e constituem o aquífero aluviões, sendo formados por sedimentos areno-argilosos recentes (formações cenozóicas). Para CPRM, (1998, p. 08) eles ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresenta, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativamente alta do ponto de vista hidrogeológico. Geralmente, a alta permeabilidade dessas áreas arenosas compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

O armazenamento e o fluxo das águas através da infiltração encerram o ciclo hidrológico da área. Apesar da baixa favorabilidade para reservas de águas subterrâneas nos domínios mais proeminentes Karmann, (2008, p. 125) e Neves, (2005, p. 84) afirmam que rochas ígneas vulcânicas, plutônicas e metamórficas com alto grau de fraturamento apresentam elevado potencial para bons aquíferos. Além disso, feições lineares interpretadas como falhas ou fraturas representam áreas de maior permeabilidade. Geralmente, os lineamentos correspondem a descontinuidades como juntas, falhas, zonas de cisalhamento, diques e veios. A grande maioria representa fraturas verticais ou subverticais, ao longo das quais a rocha, em certas situações pode estar profundamente alterada. (SINGHAL E GUPTA, 1999). (Figura 17)

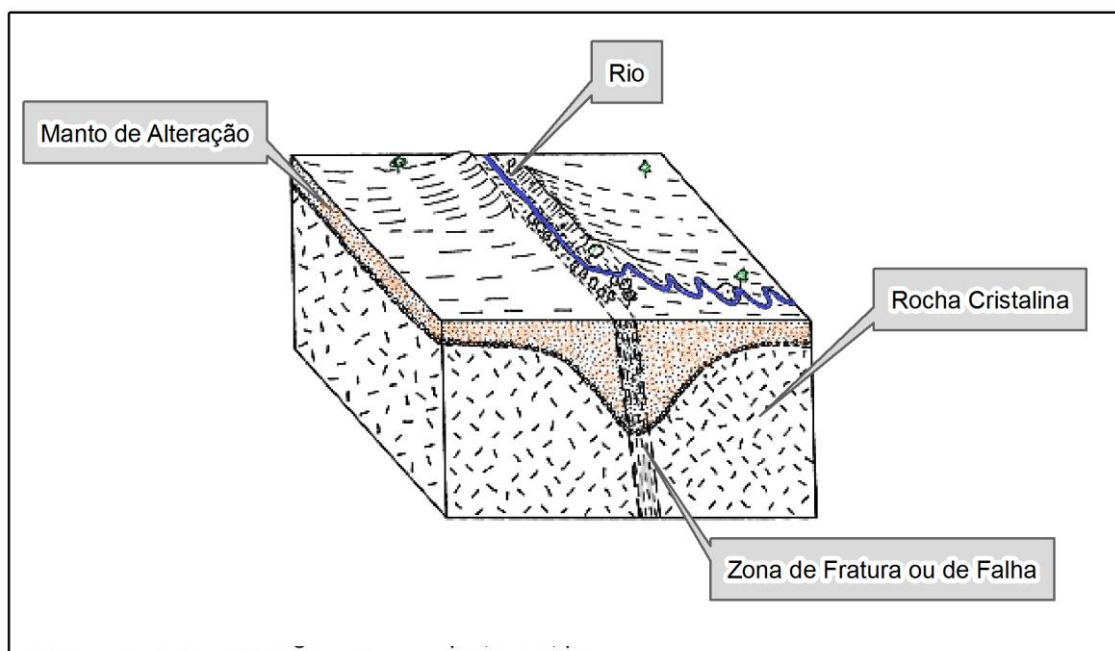
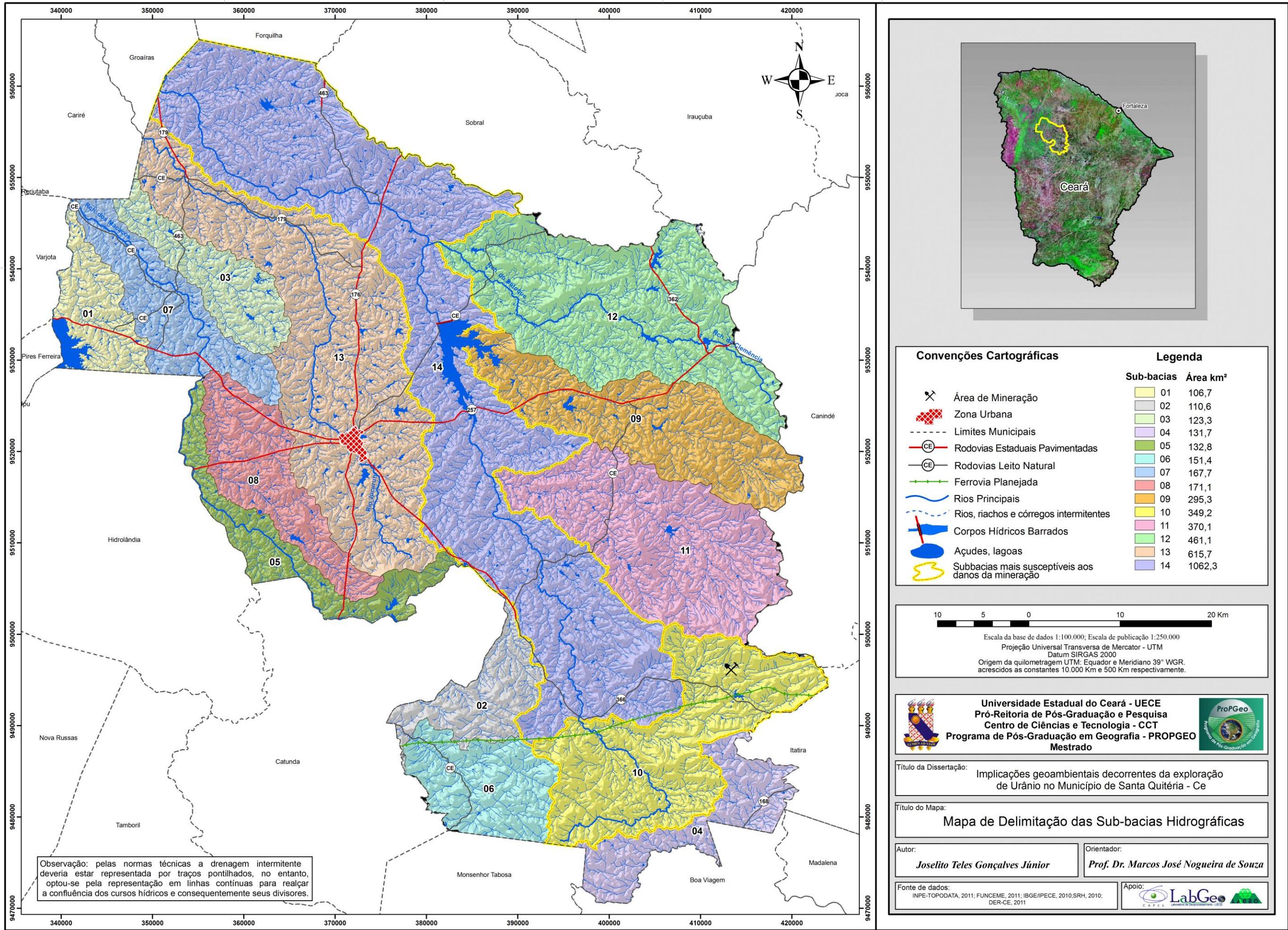


Figura 17: Características do armazenamento subsuperficial em terrenos do cristalinos com falhas e fraturas.

Fonte: Adaptado pelo Autor a partir de SINGHAL E GRUPTA, 1999, p. 85.

Souza, (2000, p. 40) salienta que a alimentação dos lençóis parece se mostrar mais efetiva, na medida em que ocorre uma coincidência das fraturas ou falhas com o encaixamento fluvial, fato bastante notório na área da pesquisa, (ver mapa 8, hidrogeológico. Pág. 94), de forma que a recarga dos aquíferos fraturados/fissurais é diretamente condicionada pelos eixos de drenagem superficial o que denota a íntima relação no comportamento hídrico (escoamento e infiltração) na região de interesse.

Conforme já explicitado a mineração fosfato-uranífera corresponderá possivelmente ao maior impacto adverso potencial no município, sendo os recursos hídricos tanto superficiais quanto subsuperficiais um dos recursos naturais mais vulneráveis às transformações. A partir da hipsometria (Mapa 5. Pág. 72), da drenagem superficial (Mapa 7. Pág. 92) e da delimitação das subbacias, (Mapa 9. Pág. 98), tendo em vista, a localização da mina e da unidade de beneficiamento do minério, foi possível verificar que as águas superficiais tendem a escoar no sentido NW, devido a diferença altimétrica, em direção ao rio Acaraú, sobretudo pelo rio Groaíras “lavando” uma área de 1.411,6 km² correspondendo as subbacias 10 e 14.



Mapa 9

Em uma região onde predominam as agruras da escassez hídrica qualquer forma de armazenamento é vital aos seres vivos. Nesse propósito, mesmo com as limitações de captação relacionadas aos tipos de aquíferos da região, foram consideradas as mínimas probabilidades de infiltrações, percolações e armazenagem subsuperficial. Nesse contexto foram levantados 241 poços sendo 225 do tipo artesiano e 16 do tipo Amazonas (CPRM, 1998, 2011) contendo as principais características das águas confinadas de forma a obter-se o seu comportamento. (figura 18).

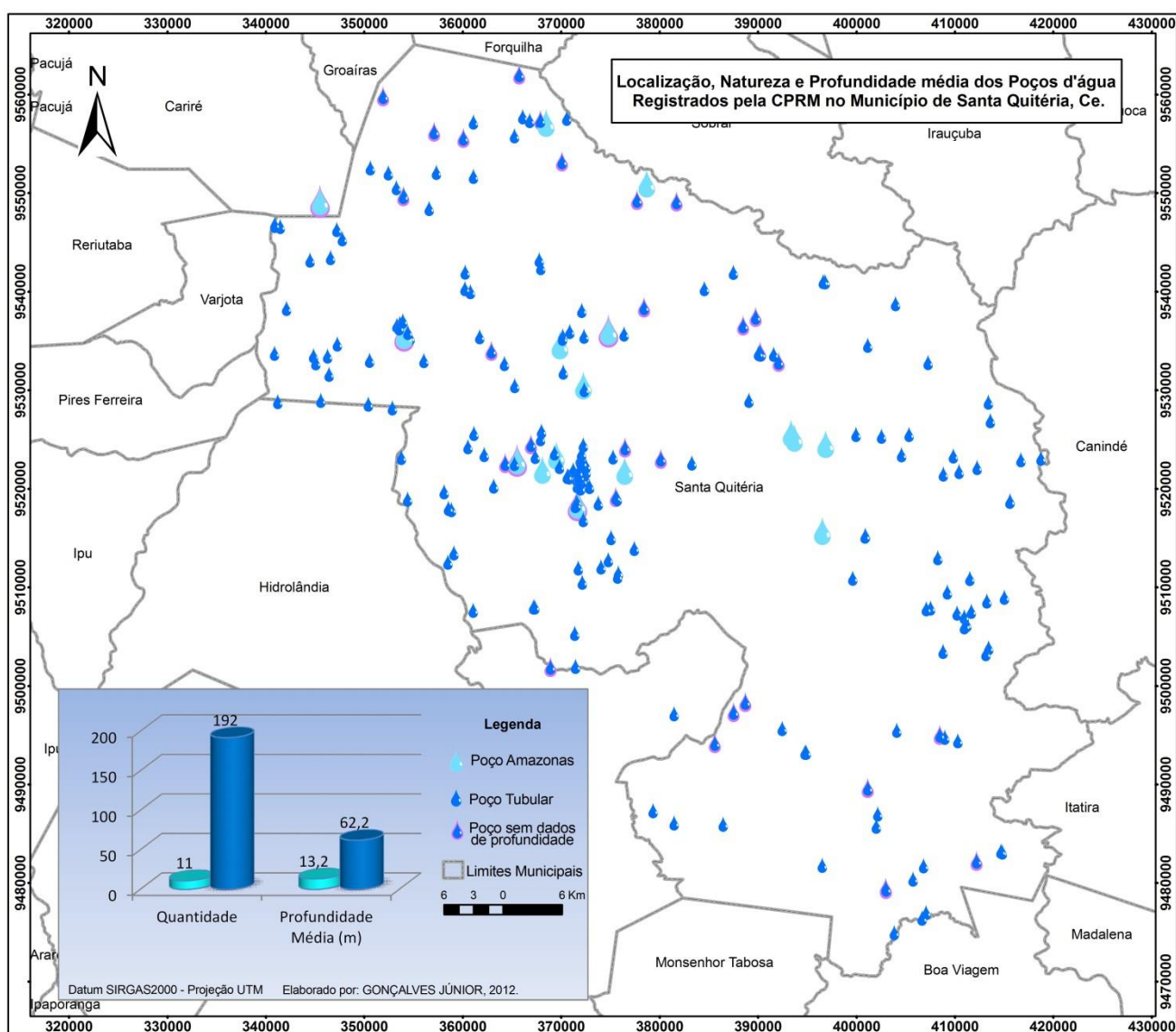


Figura 18: localização, tipo, quantidade e profundidade dos poços de Santa Quitéria.

Fonte: elaborado pelo autor a partir dos dados de CPRM, 1998 e 2011.

Salienta-se também que através desses poços os recursos hídricos subterrâneos compõem uma parcela significativa no suprimento de água para os habitantes suprimindo as diversas necessidades como mostrado na figura 19.

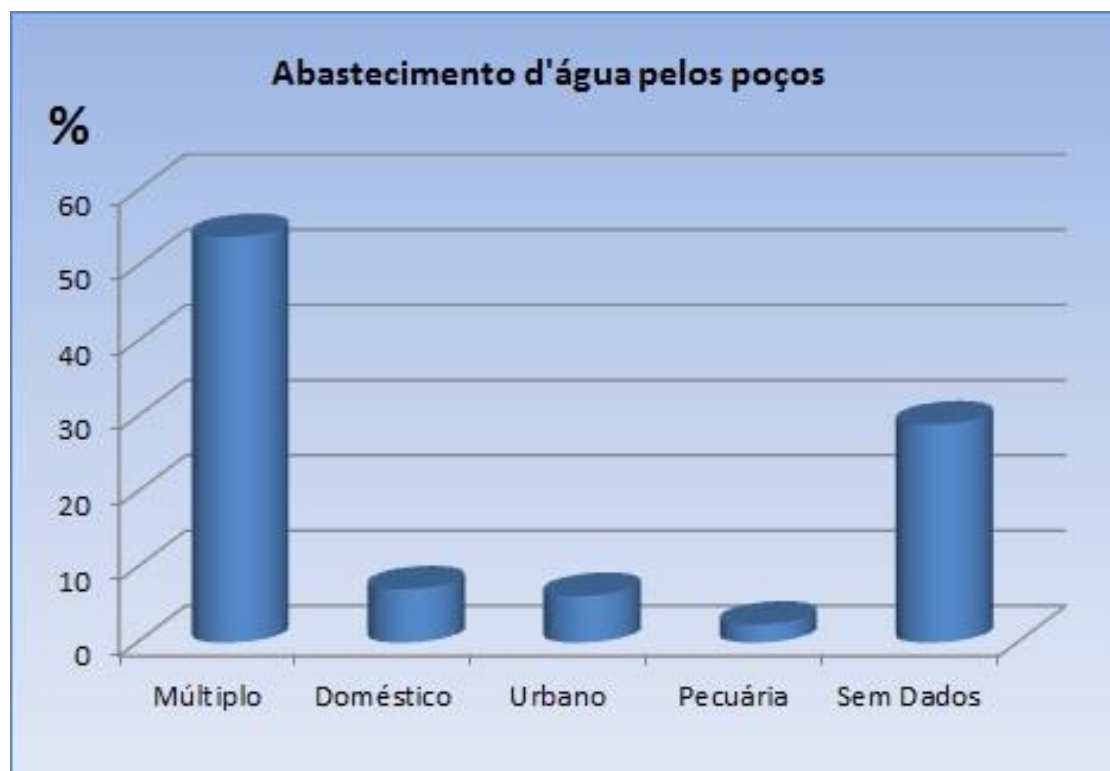
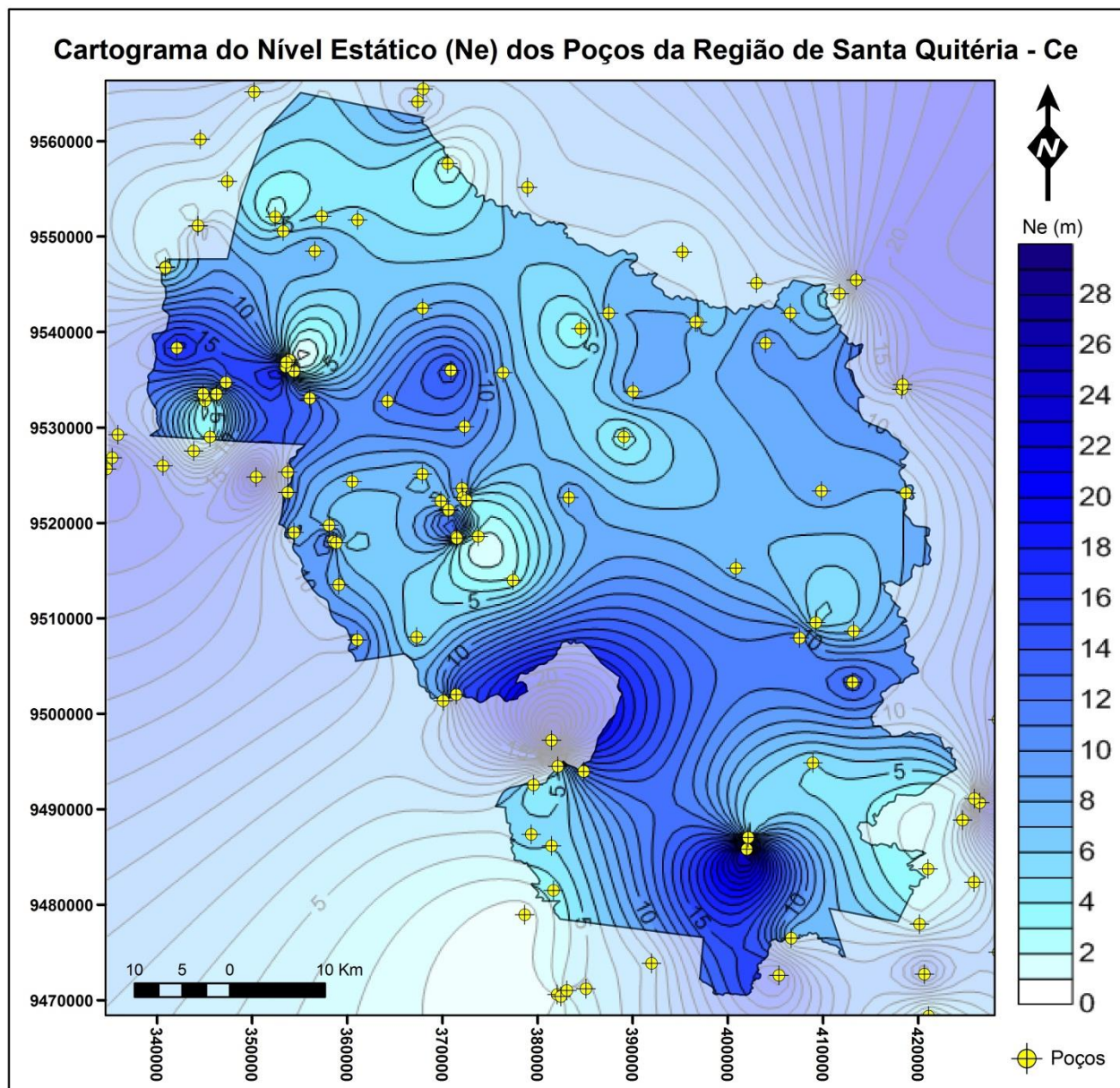


Figura 19: percentual do abastecimento de água advinda dos poços segundo suas finalidades.
Fonte: elaborado pelo Autor a partir dos dados de CPRM, 1998 e 2011.

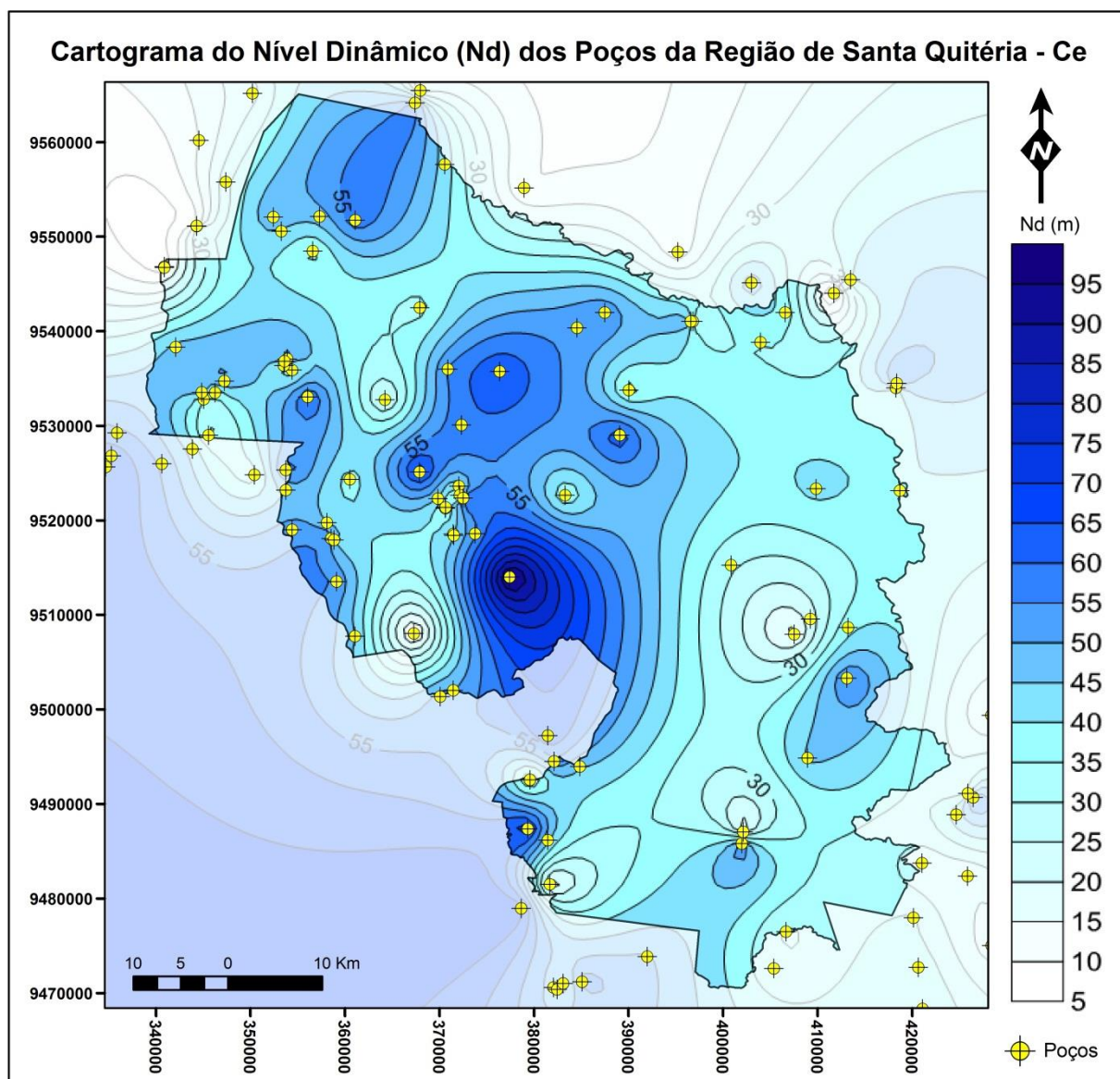
A par dessas necessidades e como meio para o conhecimento da direção do fluxo subsuperficial constata-se o nível estático e dinâmico das águas na região quiteriense conforme os cartogramas 1 e 2 respectivamente.



Cartograma 1: nível estático (ne) da água segundo as medições da CPRM.

Fonte: Autor

O nível estático corresponde à altura da água no aquífero quando ele se encontra em repouso hidrodinâmico, ou seja, está há algum tempo sem bombeamento. Verificam-se os maiores níveis no extremo sul e na porção noroeste da área. Logo, os poços que apresentam maiores profundidades do nível estático possuem menor probabilidade de quaisquer tipos de contaminação, haja vista, as maiores espessuras de rochas até os reservatórios.

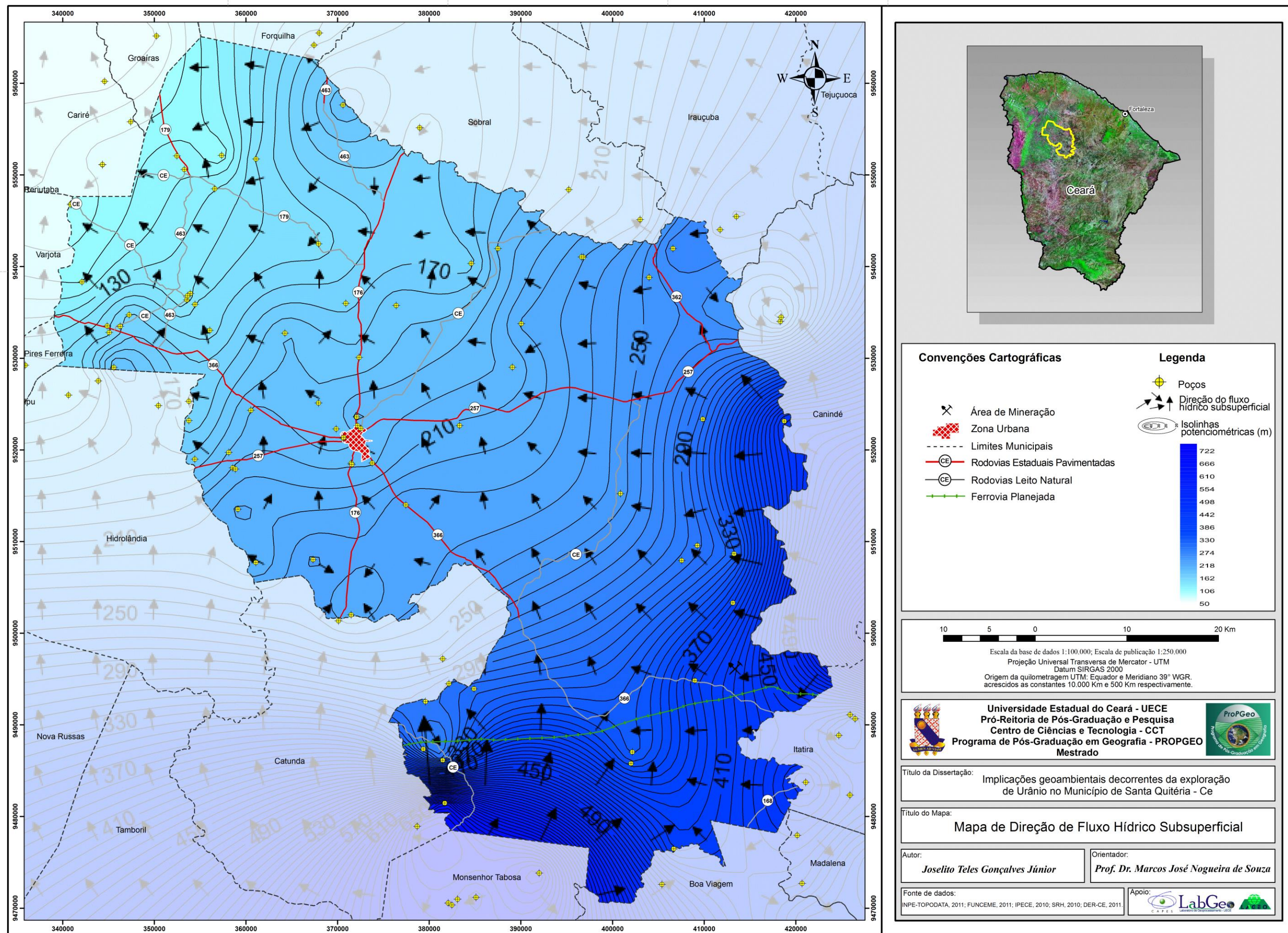


Cartograma 2: cartograma do nível dinâmico da água, segundo as informações da CPRM, 2012.
Fonte: Autor

O nível dinâmico reflete o comportamento da água após o bombeamento hidráulico denotando sua variação a partir do uso.

A água encontrada nessa região se caracteriza literalmente como uma substância fluída de forma que mesmo ocorrendo contaminação ou qualquer perturbação pontualizada seus reflexos e consequências podem extrapolar e atingir áreas mais distantes localizadas ao longo da direção do fluxo hídrico. Nesse sentido apresenta-se o nível potenciométrico definido como “superfície virtual ou imaginária que representa o nível da água do aquífero (carga hidráulica) e que indica o nível de energia mecânica dessa água” (LNEG, 2012), isto é, o peso da coluna d’água em relação a um *Datum*. Esse nível é obtido a partir da diferença entre a cota do terreno e o

nível estático medido no poço. A análise da superfície potenciométrica permitiu, ainda que em condições mínimas, devido às características dos domínios hidrogeológico, elaborar e compreender a direção dos fluxos da água subsuperficial do município de Santa Quitéria apresentado na . (Mapa 10, de fluxo subsuperficial. Pág. 104).



Mapa 10

Reforçando a necessidade de estudos ligados ao comportamento das águas subsuperficiais constata-se que a referida atividade lida com estoques e barragens de rejeitos de lavra, pilhas de “bota-fora” e subprodutos do ciclo de produção com teores de metais pesados e radioativos que entrando no ciclo hidrológico e acumulados a médio-longo prazo tendem a serem nocivos aos seres vivos.

Conforme o mapa 10 (Pág. 104) os fluxos subsuperficiais demonstrados pelos vetores seguem também no sentido do rio Acaraú, acompanhando de certa forma o vale do rio Groaíras, principal coletor hídrico da região que é barrado em seu médio-baixo curso, em torno da cota de 200m com coordenadas UTM's E 381.372 e N 9.534.029, pelo açude Edson Queiroz.(Mapa 7. Pág. 92, de recursos hídricos superficiais). (Figura 16.3)

É patente que as eventuais consequências estão condicionadas ao nível técnico de segurança das instalações e operações no complexo industrial uranífero, além da subestimação das características geoambientais, sobretudo dos rigores pluviométricos

Considerando a intermitência sazonal dos rios e a disponibilidade natural de água na superfície quase nula, em boa parte do ano, Ceará, (2008, p. 23) afirma que são os reservatórios de acumulação que proporcionam a regularização interanual dos deflúvios naturais, propiciando a disponibilização de volumes anuais constantes, a um determinado nível de garantia. Essas vazões regularizadas pelos açudes constituem, neste caso, a disponibilidade de águas superficiais.

A partir do mapeamento dos recursos hídricos (Mapa 7. Pág. 92) realizado com referência ao ano de 2011, nos meses de julho e agosto com total pluviométrico anual no posto de coleta Santa Quitéria de 847,7mm, obteve-se 79,9km² de espelhos superficiais d'água, com exceção dos rios, equivalendo a 699 corpos hídricos (açudes e lagoas) compreendendo 1,8% do território municipal sendo mais da metade desses reservatórios artificiais. Apesar dessa oferta, toda demanda pública do consumo municipal é abastecida pelo açude Edson Queiroz (figura 20) que possui capacidade de 254.000.000m³ (COGERH, 2012, SRH, 2010). (Figuras 16.4 e 16.5)

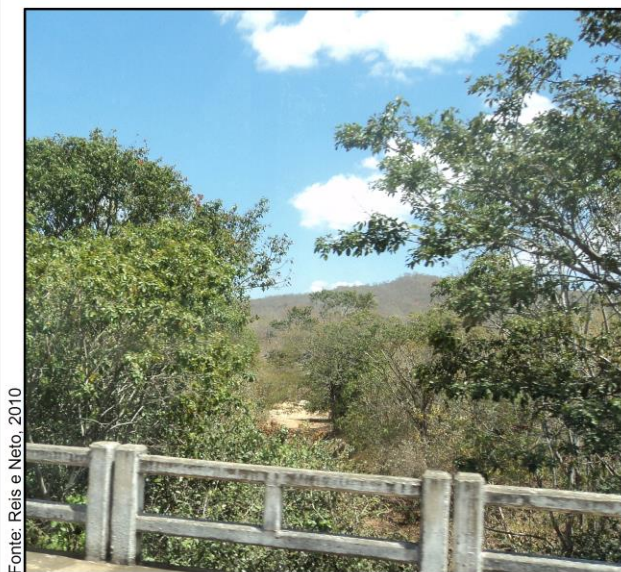


Figura 20: volume do reservatório Edson Queiroz denotando a relação armazenamento/uso do ano 2011/2012.

Fonte: COGERH, 2012.

Segundo estimativas da ANA, (2012) esse sistema requer ampliação até o ano de 2015, sobretudo porque desse reservatório será disponibilizado através de adutora 6.000.000m³/ano de água para abastecer o complexo industrial minerário fosfato-uranífero. Além dele o abastecimento será feito ainda pelo açude Fosfato a sua montante também na subbacia do rio Groaíras e pelo açude Umari, localizado no município de Madalena.(EIA/RIMA-PROJETO ITATAIA, 2004)

A partir dos estudos da hidrografia chama-se atenção para o rio Groaíras e sua planície como principais veículos das possíveis consequências da mineração através dos interligamentos da drenagem que mesmo estando ausente em boa parte do tempo, mascarando essa conexão, participa da dinâmica semiárida que possui como característica geral a excepcionalidade e torrencialidade das chuvas tornando possível a probabilidade de dispersão das águas por extensas áreas e consequentemente de materiais e substâncias disponíveis na área de *runnof*. Para Ab'Saber (1994/1995) essa característica, sobretudo a capacidade exorréica, confere a maior originalidade dos sistemas hidrográficos e hidrológicos regionais do NEB. É mister considerar o açude Edson Queiroz nesse contexto, pois sua bacia hidráulica que coincide em parte com as subbacias 09, 11 e 14 (Mapa 9. Pág. 98), que por sua vez, são vulneráveis aos reflexos da mineração. Acurando a análise, seria drástica a mínima contaminação desse reservatório, tendo em vista, sua extensão e importância de abastecimento para a região.



Fonte: Reis e Neto, 2010

Figura 16.1: Riacho intermitente Cunha Moti. Drena a região da mina e deságua no rio Groaíras.



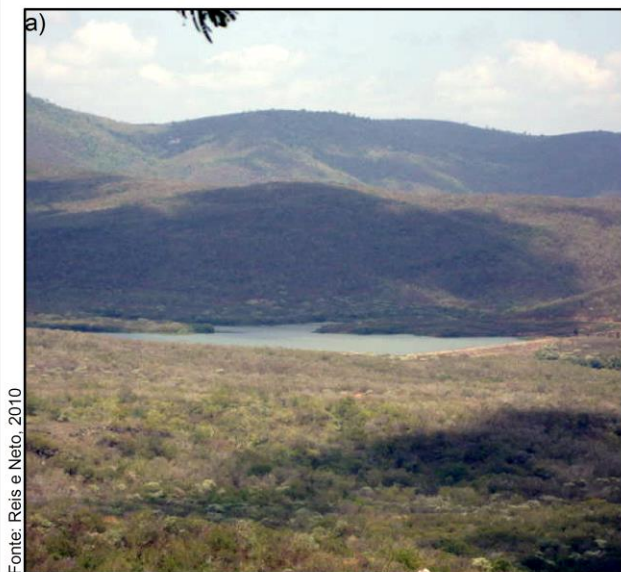
Fonte: Autor, 2011

Figura 16.2: Sisterna para armazenamento de água denotando a escassez hídrica.



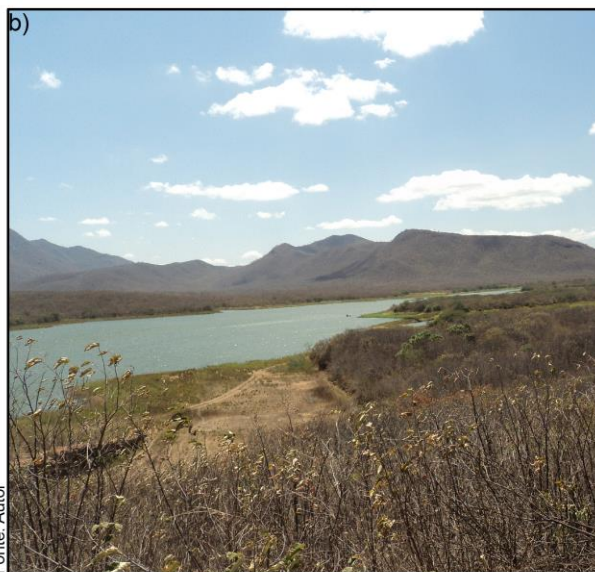
Fonte: Reis e Neto, 2010

Figura 16.3: Açude Edson Queiroz



Fonte: Reis e Neto, 2010

Figura 16.4: Açude Quixaba com barragem de 540m de Extensão - Volume Acumulado de 2.300.000 m³.
a) fotografado de cima da jazida.



Fonte: Autor



Fonte: Autor

Figura 16.5: Açude do Quinze.

Figura 16: Condições Hidroclimáticas de Santa Quitéria, Ceará.

3.4 Características morfopedológicas e cobertura vegetal

A ação concomitante dos elementos do “estrato geográfico da terra” (GRIGORIEV, 1968 *apud* ROSS, 2010) ou dos “componentes geoambientais” (SOUZA, 2000) e do ser humano ao longo do tempo resultam, dentre tantos outros, no recurso natural solos. Para Jacomine *et al*, (1992, p. 10) todos os solos existentes na paisagem refletem sua história. Desde sua gênese até o presente, fenômenos físicos e químicos diferenciados ocorreram no material que lhes deram origem, motivando progressivas transformações que se refletiram na sua morfologia e nos seus atributos físicos, químicos e mineralógicos possibilitando identificá-los.

Perseguindo a identificação e caracterização, distribuição e potencial das classes de solos são considerados os elementos retromencionados sintetizados na clássica função dos fatores de formação dos solos mostrados na figura 21, além dos processos atuantes e da morfologia resultante.

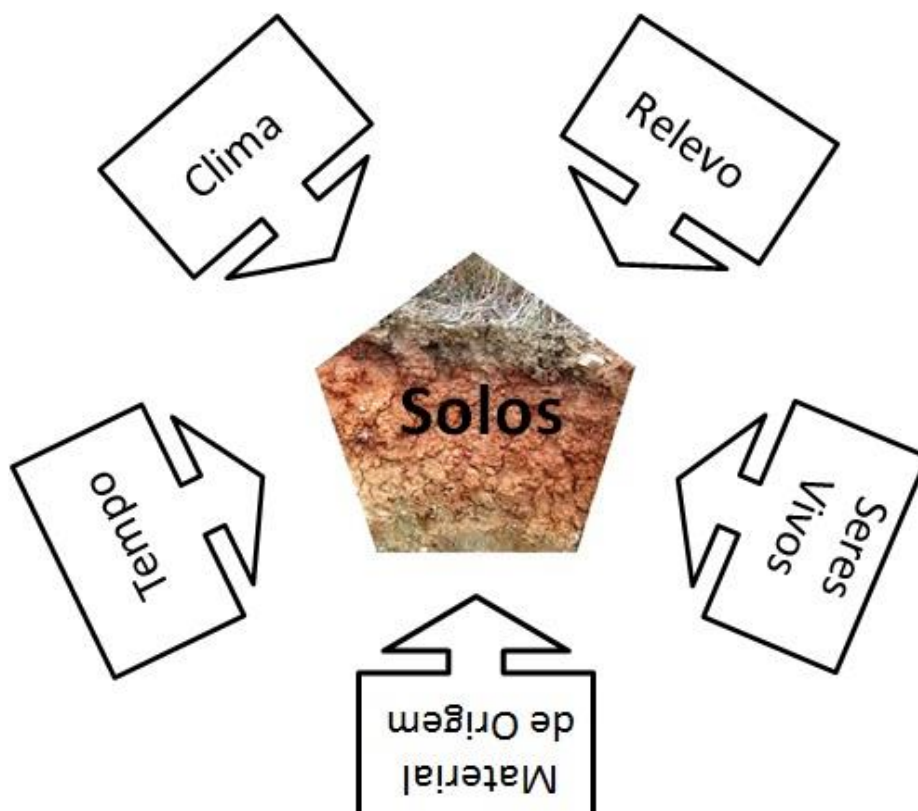


Figura 21: fatores de formação dos solos
Fonte: Autor

Dessa forma os solos se apresentam por definição como sendo:

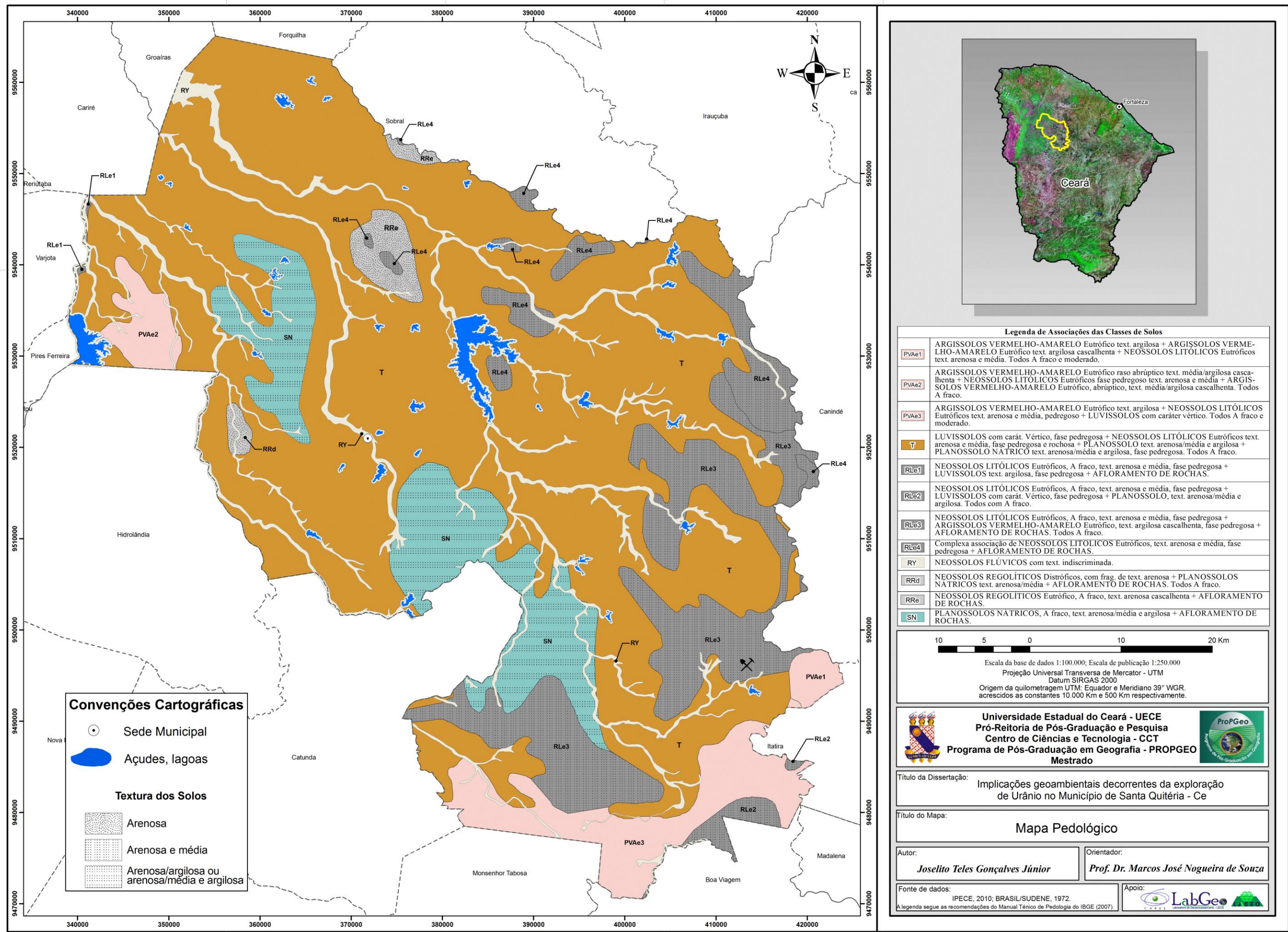
“A coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre (...) o que é reconhecido como solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações de clima, organismos, material originário e relevo, através do tempo.” (IBGE, 2007, p. 31)

Pereira e Silva, (2005, p. 189) reiteram que as interações físicas e químicas, associadas às manifestações biológicas e migrações de constituintes que neles ocorrem, condicionam o desenvolvimento de diferentes horizontes ou camadas com características próprias.

No Ceará eles são evidenciados tanto na diversificação das tipologias quanto na distribuição espacial possuindo, de acordo com Souza, (2000, p. 42) uma estreita relação com a compartimentação geomorfológica do Estado.

Segundo Souza e Oliveira⁸ devido às complexas interações geoambientais na área da pesquisa deve-se abordar o estudo dos solos a partir das associações de classes. Nesse sentido foram levantadas as classes predominantes de acordo com as especificações atuais da EMBRAPA, apresentadas no quadro 3, relacionando-as a classificação anterior e em seguida descritas, caracterizadas e espacializadas segundo suas interações conforme o mapa pedológico. (Mapa 11. Pág. 110).

⁸ Informação Verbal obtida no campo de reconhecimento da área no dia 01/09/2011.



Mapa 11

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos ⁹		Classificação anterior
Ordens	Subordens	
ARGISSOLOS	VERMELHO-AMARELO	Podzólico Vermelho-Amarelo
PLANOSSOLOS	NÁTRICO	Planossolos Solonetz Solodizado
LUVISSOLOS	CRÔMICO	Bruno Não Cálculo
NEOSSOLOS	LITÓLICO	Solos Litólicos
	FLÚVICO	Solos Aluviais
	REGOLÍTICO	Regossolo

Quadro 3: comparação das nomenclaturas dos solos segundo a EMBRAPA, 2006.

Argissolos Vermelho-Amarelo

Geralmente apresenta-se com grande variação nas características morfológicas sendo constituídos por material mineral com argila de atividade baixa ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico¹⁰ e horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de horizonte A ou E. São de profundidade e textura variável, encontrados desde forte a imperfeitamente drenados. São ácidos a moderadamente ácidos com fertilidade natural média a alta. (EMBRAPA, 2009; SOUZA, 2000; JACOMINE *et al*, 1992).

Na área de estudo se destacam em três associações principais (ver mapa pedológico) PVAe1, PVAe2, PVAe3 com relevos forte ondulado e montanhoso, suave

⁹ Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa, Serviço de Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006.

¹⁰ Caráter empregado para distinguir classes do 3º nível de várias Ordens do SiBCS, conforme critérios específicos constantes na definição das classes.

ondulado e ondulado, ondulado e forte ondulado/ forte ondulado e montanhoso/suave ondulado e ondulado respectivamente todos eutróficos (com boas condições de fertilidade). As limitações de uso se dão nas áreas mais dissecadas favorecendo a erosão e impossibilitando a mecanização.

Luvissolos

São solos minerais pouco profundos ou rasos, não hidromórficos, com argila de atividade alta, saturação alta por bases e horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo do horizonte A fraco ou moderado ou horizonte E de consistência dura ou muito dura, quando secos, estrutura maciça ou em blocos fracamente desenvolvidos. O Bt se caracteriza por ser pouco espesso com cor avermelhada, usualmente com mudança textural abrupta, estruturas em blocos moderada a fortemente desenvolvida. São férteis, moderadamente ácidos com forte presença de minerais primários em sua constituição sendo importante fonte de nutrientes para os vegetais. A argila lhe confere um aspecto fendilhado nas épocas secas. (PEREIRA E SILVA, 2005; JACOMINE *et al* 1992)

Está compreendido em uma grande área no município exclusivamente nos setores plano, suave ondulado e ondulado possibilitando o uso para pastagem e lavouras de ciclo curto. As principais limitações ao uso são devido a pouca profundidade, a grande susceptibilidade a erosão, a deficiência de umidade e pela presença de calhaus e até matacões.

Neossolos

No geral são solos pouco evoluídos compostos por material mineral, ou por material orgânico. Sua expressão espacial e sua importância na região denotam a necessidade de análise das classes do 2º nível categórico (subordens), a saber: Neossolos Litólico, Neossolos Flúvico e Neossolos Regolítico.

Neossolos Litólicos

Solos minerais, com espessuras inferiores a 50cm, de textura arenosa ou média geralmente cascalhenta, com drenagem de moderada à acentuada. O horizonte A encontra-se em contato direto com a rocha ou sobre o horizonte C. Pode ser encontrado

com frequência pedregosidade na superfície e afloramentos rochosos. (PEREIRA E SILVA *op cit*).

Em Santa Quitéria foram evidenciadas as seguintes associações dessa subordem: RLe1 sobre o modelado suave ondulado a ondulado, RLe2 no extremo sul repousando sobre terreno suave ondulado a ondulado, RLe3 com uma área mais significativa abrangendo relevo forte ondulado e montanhoso e RLe4 disperso a norte e nordeste também em superfícies forte onduladas e montanhosas. As limitações ao uso são evidenciadas na pequena espessura, nas declividades acentuadas e consequentemente na susceptibilidade a erosão.

Neossolos Flúvicos

Solos derivados de sedimentos aluviais com horizonte A assente sobre horizonte C apresentando-se pouco evoluídos, profundo a muito profundos às vezes com estratificação de camadas com caracteres morfológicos bem distintos ou em horizontes que não guardam relações genéticas entre si. Conservam, em geral, maior teor de umidade que os solos dos interflúvios, estando sujeitos a inundações nos anos de forte escoamento. Processos como a salinização e a gleização são observáveis com frequência. (EMBRAPA, 2009; SOUZA, 1975, p.56).

Dominam as áreas planas do município de preferência nas várzeas bordejando os cursos d'água. Sua boa fertilidade lhe confere um grande potencial agrícola. As principais limitações são devido à drenagem imperfeita e quando apresentam elevados índices de sódio, além da susceptibilidade a erosão.

Neossolos Regolíticos

Solos com contato lítico, pouco profundo a profundo com horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, admitindo horizonte Bi, geralmente arenosos e excessivamente drenados com alto teor de minerais primários intemperizáveis podendo ser encontrado com alta ou baixa fertilidade. (EMBRAPA, 2009).

Na área em questão são encontrados tanto Neossolos Regolíticos eutróficos (RRe) quanto distróficos (RRd) todos em regiões planas e suaves onduladas, suas limitações estão relacionadas a baixa retenção hídrica, no entanto são bastante utilizados para agricultura de subsistência.

A relação dos quiterienses com o uso dos solos segue intimamente relacionada com as características de exploração da terra historicamente predominantes no Estado pautado na pecuária extensiva, na agricultura de subsistência praticada com técnicas rudimentares, no extrativismo vegetal e no cultivo do algodão¹¹ (ELIAS, 2005; SOUZA, 2003). Essas características mesmo sendo apresentadas em um contexto histórico permanecem bastante atuais, portanto, objetiva-se compreender os solos não apenas nos aspectos pedológicos, mas também nos edafológicos buscando uma interação com o recobrimento vegetal, tendo em vista que a análise de seu estado de conservação atual subsidiará um zoneamento ambiental vindouro.

Seguindo a regra natural dos sertões nordestinos onde “a originalidade reside num compacto feixe de atributos climático, hidrológico e ecológico” (AB’SABER, 1994, p. 2.379) a cobertura vegetal apresenta-se como reflexo dessas interações mostrando-se, na atualidade, com maior ou menor descaracterização de seu estágio clímax natural de acordo com o nível de interferência das atividades humanas.

Naturalmente a vegetação atua no equilíbrio dos sistemas ambientais conferindo proteção aos solos através da interceptação, atenuação dos processos erosivos areolares, lineares e efeito *splash*; protegendo a rede hidrográfica superficial de assoreamentos; provendo alimentação e habitat a fauna; conservando a diversidade biológica e atendendo uma gama de necessidades do homem.

Partindo de uma classificação taxonômica, com ênfase na vegetação, a região está inserida na Província Fitogeográfica das Caatingas do Nordeste (FERNANDES, 2006) ou Domínio Morfoclimático Semi-Árido das Caatingas Brasileiras (AB’SABER, 1974) e apresenta as unidades fitogeográficas seguindo a interação dos componentes geoambientais, já discutidos, destacando-se predominantemente a caatinga com variações fisionômicas e florísticas sensíveis as mudanças edafoclimáticas locais, além da floresta subcaducifolia tropical pluvial (matas secas) e da floresta mista dicotilo-palmacea (mata ciliar com carnaúbas).

A identificação dessas unidades a partir do estado atual de conservação torna-se mais complexa à medida que se busca um grau de detalhamento na análise, pois o município estudado apresenta-se como uma área susceptível à desertificação - ASD

¹¹ No Ceará, houve uma redução significativa do cultivo do algodão herbáceo e arbóreo devido a fatores como o bicudo e a conjuntura econômica e política (ALENCAR, 2005, P. 417).

conforme o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAE-CE, 2010.

As principais evidências destacadas nessas ASDs são:

Degradação desordenada da cobertura vegetal; ablação dos horizontes superficiais dos solos; caça predatória e comercialização de animais silvestres; assoreamento de rios, barragens e alterações do regime hidrológico; pastoreio excessivo; empobrecimento da biodiversidade; comprometimento da capacidade produtiva dos solos e da quantidade/qualidade dos recursos hídricos; desencadeamento de ações erosivas em áreas degradadas; impedimentos à mecanização agrícola dos solos; inadequação dos sistemas produtivos; descompasso entre a capacidade produtiva dos recursos naturais e sua capacidade de recuperação; aumento da vulnerabilidade da capacidade de suporte dos recursos naturais renováveis em ambientes progressivamente degradados. p. 74.

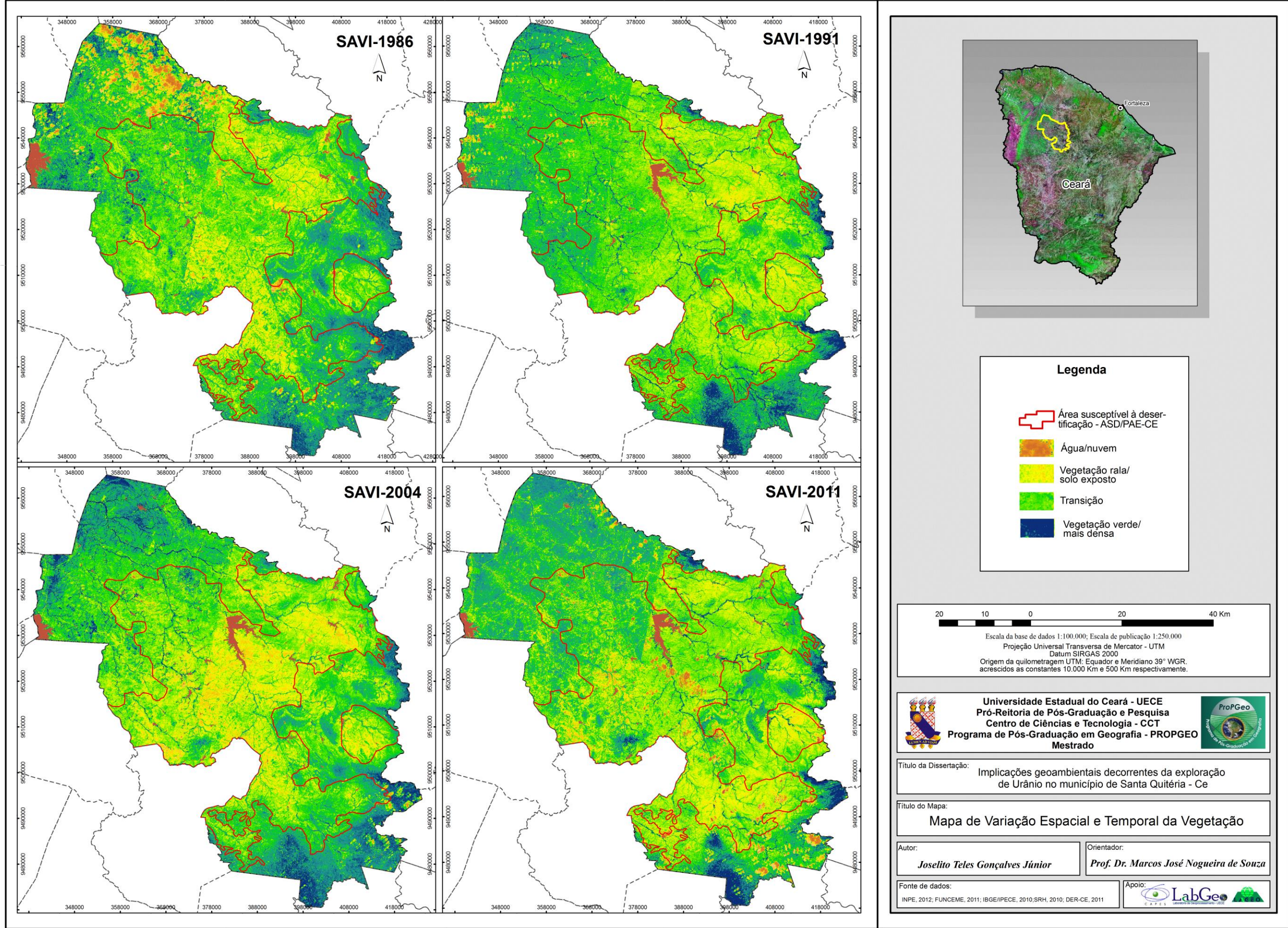
No entendimento, a cobertura vegetal, sobretudo a caatinga que apresenta longa adaptação xérica como resposta biológica às relações desenvolvidas no decorrer do tempo geológico mostra-se como uma espécie de termômetro ambiental denotando esse processo de degradação exacerbado.

O domínio das caatingas tem sido concebido como espaço semiárido de longa permanência e prolongada adaptação de seus componentes fitogeográficos aos ambientes secos. No entanto, três séculos de atividades agrárias rústicas, centradas no pastoreio extensivo, e algumas décadas de ações deliberadas de intervenção antrópica, com acentuado crescimento demográfico paralelo, terminaram por acrescentar feições de degradação isoladas, de fácil reconhecimento nas paisagens sertanejas, sob a forma de ulcerações dos tecidos ecológicos regionais. (SOUZA/PAE-CE, 2010, p. 35)

Dessa forma apresenta-se o perfil da variação da vegetação de Santa Quitéria através da modelagem de parâmetros biofísicos da vegetação e dos solos utilizando os dados de sensoriamento remoto de forma sistemática em um intervalo de vinte e cinco anos apresentados no mapa 12, de análise espaço-temporal da vegetação. (Pág. 116)

De acordo com Jensen, (2009) a metodologia utilizada é consagrada na literatura científica internacional, desde a década de 1960, consistindo em índices de vegetação que “são medidas radiométricas adimensionais, as quais indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, teor de clorofila, biomassa verde, e radiação fotossinteticamente ativa absorvida” p. 384 podem ser encontrados inúmeros tipos de índices que traduzem respostas específicas de acordo com o local, o tipo de vegetação e mais alguns outros parâmetros.

Conforme descrito nos procedimentos metodológicos foi utilizado nesta pesquisa o índice SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) por se adequar melhor às características fisiográficas do município em epígrafe.



Mapa 12

3.5. Síntese da Compartimentação Geoambiental

A compartimentação geoambiental expõe através dos sistemas ambientais a organização natural do meio, de forma integrada, estabelecida pela entrada e saída de matéria e energia caracterizando fluxos que garantem o relacionamento entre os elementos e seu perfeito funcionamento. Segundo Souza, (2009. p. 26) “os sistemas ambientais tendem a representar um arranjo espacial decorrente da similaridade de relações entre os componentes naturais – de natureza geológica, geomorfológica, hidroclimática, pedológica e fitoecológica – materializando-se nos diferentes sistemas ambientais e padrões de paisagem”.

A geomorfologia foi utilizada como base para a delimitação dos sistemas ambientais, tendo em vista, a compreensível materialização do modelado segundo os agentes endógenos e exógenos que elaboram as paisagens. Nesse contexto, estão sintetizados no quadro 04 e espacializados no mapa 13(Pág. 120) de sistemas ambientais: Planície Lacustre dos Açudes Edson Queiroz, Araras e outras/Áreas de Inundação Sazonal; Planície Fluvial dos rios Groaíras, Jucurutu e Outras; Maciços Residuais abrangendo a Vertente Oriental Serra das Matas, Vertente Ocidental Serra do Machado e outros e a Depressão Sertaneja com os sertões de Santa Quitéria e Boa Viagem.

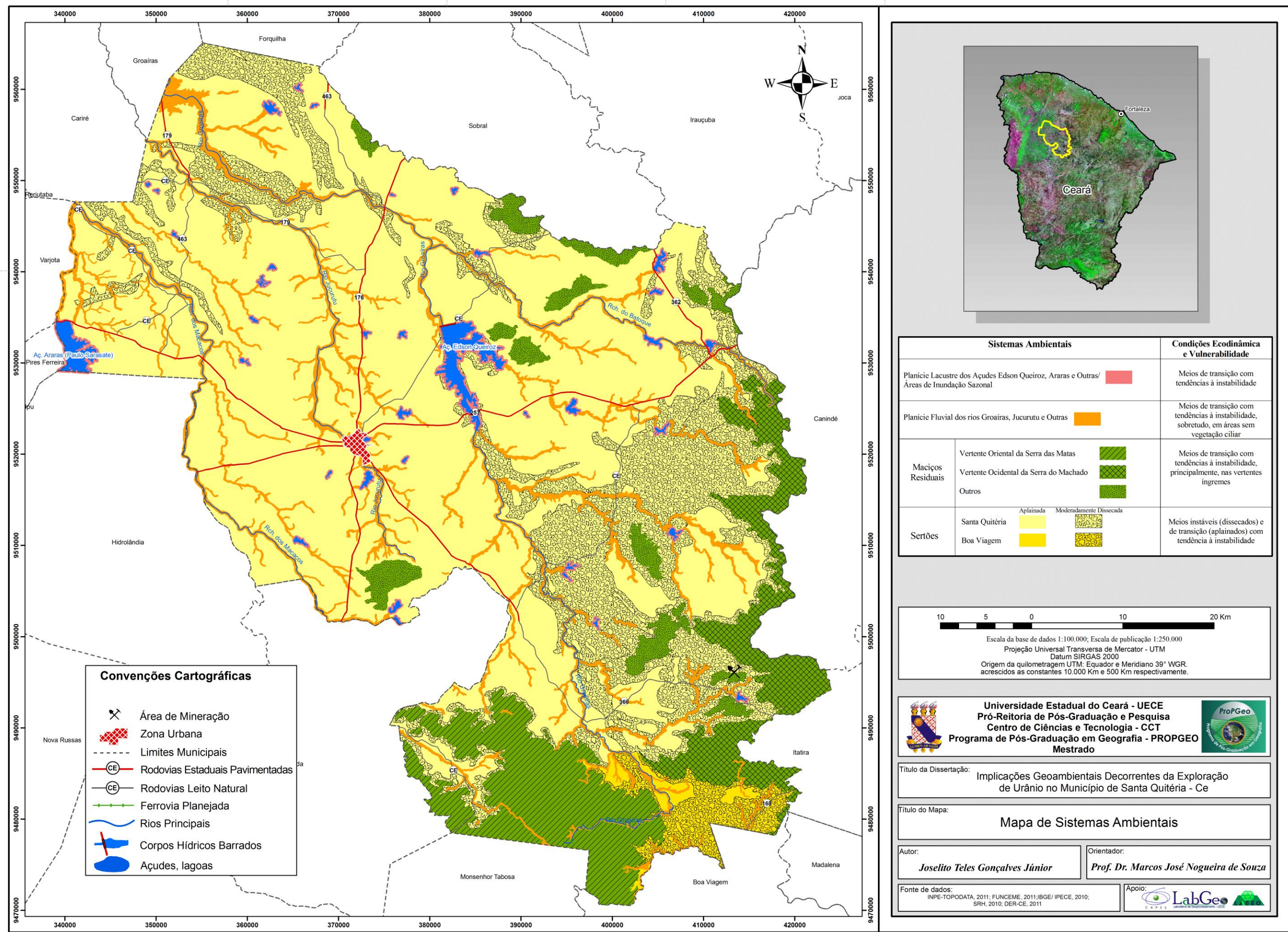
Quadro 4: Síntese da Compartimentação Geoambiental

Sistemas Ambientais	Crono-Lito-Estratigrafia	Geomorfologia	Hidrologia de Superfície	Solos	Cobertura Vegetal Uso/ocupação	Ecodinâmica das Paisagens
Planície Lacustre; Área de Inundação Sazonal	Sedimentos Quaternários coluviais e Lagunares areno-argilosos, variando de moderadamente a mal selecionados.	Áreas de acumulação de sedimentos areno-argilosos bordejando lagoas e áreas aplainadas sujeitas a inundações periódicas (Planícies de Acumulação)	Lagoas de origem fluvial, freática ou mista em áreas que são precariamente incorporadas à rede de drenagem, limitadas ao período chuvoso, com exceção dos grandes açudes.	Associações de Neossolos Flúvicos e Planossolos.	Originalmente recobertos por vegetação ciliar; Pesca, extrativismo vegetal e mineral, agropecuária, dessedentação animal, represamentos, lazer (período chuvoso);	Meios de transição com tendências à instabilidade
Planície Fluvial	Sedimentos Quaternários aluviais com areias mal selecionadas, siltes, argilas e cascalhos;	Terrenos planos com influência fluvial constituindo aluviões recentes e baixadas inundáveis, em algumas áreas são limitados por níveis escalonados de terraços.	Escoamento intermitente sazonal com fluxo lento, e baixo gradiente.	Associações de Neossolos Flúvicos e Planossolos.	Originalmente na porção de contato hídrico era revestido pela mata ciliar, hoje descaracterizada ou ausente, com exceção na região da mina que se encontra protegida desde a década de 1970. Atividades agro-extrativistas, mineração, lazer (período chuvoso);	Meios de transição com tendências à instabilidade, sobretudo, em áreas sem vegetação ciliar;

Continuação...

Sistemas Ambientais	Crono-Lito-Estratigrafia	Geomorfologia	Hidrologia de Superfície	Solos	Cobertura Vegetal Uso/ocupação	Ecodinâmica das Paisagens
Maciços Residuais	Rochas cristalinas Pré-Cambrianas resistentes à erosão diferencial	Superfícies dissecadas em colinas rasas, cristas, encostas com declives acentuados, como produto dos processos erosivos diferencial em que à maior resistência das rochas.	Nos setores mais elevados apresenta boa disponibilidade hídrica, em geral com topografia acidentada de forma que a rede de drenagem apresenta grande capacidade energética, com vales em forma de “v” ou ligeiramente alargados nos setores de topografia mais suave.	Associação de Argissolos Vermelho-Amarelos, Luvisolos e Neossolos Litólicos	Predominância de mata seca; Caatinga arbustiva; Agricultura, extrativismo mineral e vegetal.	Meios de transição com tendências à instabilidade, principalmente nas vertentes íngremes
Depressão Sertaneja (Sertões de Santa Quitéria e Boa Viagem)	Complexo Migmatítico-Granítico; Gnáissico-Migmatítico do Pré-Cambriano;	Superfícies pediplanadas pontuadas por cristas residuais e inselbergs; Superfícies dissecadas em morros e colinas intercalados por vales.	Escoamento intermitente sazonal, com padrão dendrítico e baixo poder de entalhamento.	Associação de Luvisolos, Neossolos Litólicos e Planossolos.	Revestimento por caatingas degradadas, sobretudo nas ASDs e parcialmente degradadas com padrão florístico e fisionômico variados; Agricultura mal manejada, pecuária extensiva, extrativismo vegetal.	Meios instáveis (dissecados) e de transição (aplainados) com tendência à instabilidade;

Fonte: baseado em Souza (2000); Souza e Oliveira *et al* (2006)



Mapa 13

4. Santa Quitéria no contexto da mineração fósforo-uranífera

4.1. Descoberta, localização e potencial mineral.

Santa Quitéria entra em cena como promissor distrito uranífero a partir de 1976 quando foi descoberta a jazida de Itataia através de pesquisas realizadas pela extinta estatal NUCLEBRÁS antecessora da atual INB. Na época, esses projetos de pesquisas tinham uma forte conotação de soberania nacional sendo o Estado o agente principal.

Foi pela primeira vez parcialmente avaliada em 1977, resultando, deste estudo uma reserva inferida de porte médio. No final de 1978, uma boa parte da jazida já havia sido pesquisada em razoável detalhe e a avaliação por Método Convencional de Blocos com auxílio de processamento eletrônico de dados, mostrou reservas indicadas e inferidas de médio-grande porte. Em abril de 1979, com a disponibilidade de informações do restante do depósito, nova avaliação acusou reservas indicadas e inferidas de grande porte, situando Itataia entre os maiores depósitos individuais de urânio do mundo o que, imediatamente, direcionou a Empresa no sentido de aumentar o grau de precisão destas reservas, elevando-as, o mais rápido possível, de inferidas para indicadas e, se possível, para medidas. No final de 1979, nova avaliação por Método Convencional de Prismas resultou na definição de um volume razoável de reservas medidas em detrimento das indicadas e inferidas (MARQUES *et al* 1980, p. 364)

Está localizada no extremo sudeste do município, oficialmente requerida junto ao órgão competente (DNPM) no quadrante E: 410364/ N 9499040; E 420836/ N 9492322. (Figura 22).

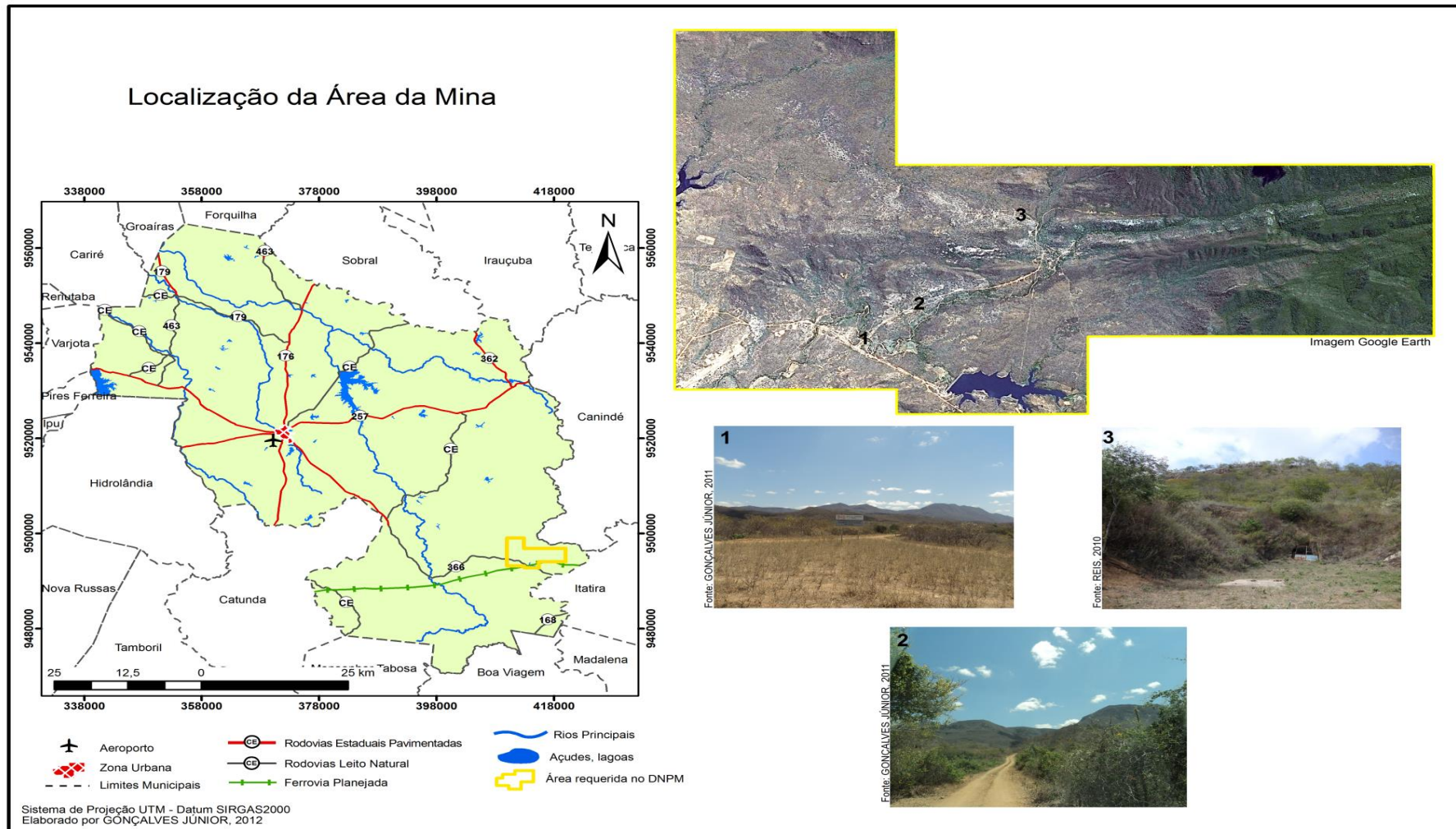


Figura 22: Localização da jazida de Itatiaia.
Fonte: Autor

A jazida de Santa Quitéria (INB, 2012) possui reservas geológicas de 142,5 toneladas de urânio associada ao fosfato. A reserva lavrável tem 79,5 milhões de toneladas de minério com teores de 11% de P₂O₅ e 998ppm de U₃O₈, contendo neste minério, 8,9 milhões de toneladas de P₂O₅ e 79,3 mil toneladas de U₃O₈. Nesta área, a INB dispõe também de reservas de cerca de 300 milhões de m³ de mármore, totalmente isento de urânio.

A singularidade desse depósito está nessa associação de urânio com o fosfato que a torna, segundo Favali *et al*, (1982, p. 2022) e Schobbenhaus *et al* (2003, p. 620) um exemplo mundial único em áreas pré-cambrianas estando relacionada também a zircônio e a matéria orgânica. Essa característica mineralógica atrela a viabilidade econômica da mineração do urânio à produção do ácido fosfórico fato que reforça a exequibilidade da exploração do Distrito Fósforo-Uranífero (P–U) de Itataia, conforme será visto posteriormente.

A associação U-P em teores altamente elevados (0,15% U₃O₈ e 20% P₂O₅) relacionada a terrenos metamórficos do Pré-Cambriano, é uma característica bastante singular que individualiza a Jazida de Itataia dentre os depósitos de urânio conhecidos no mundo. Esta peculiaridade, se por um lado dificulta o estabelecimento da gênese por analogia a outras jazidas já bem conhecidas, por outro constitui um desafio, no sentido de se buscar o modelo próprio.(MENDONÇA, BRAGA e CAMPOS, 1980, p. 2477)

4.2. Geologia e Tectônica da jazida

Mendonça *et al*, (1982) divide a área em dois ambientes geotectônicos: terrenos do embasamento, indistintamente Arqueanos, e coberturas Proterozóicas conforme o quadro 05.

Quadro 5: síntese dos ambientes geotectônicos.

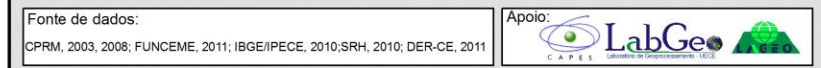
Embasamento		Coberturas Proterozóicas		
Complexo Tamboril-Santa Quitéria	Complexo Caicó (parte)	Grupo Itataia	Complexo Independência	Grupo Ceará
Apresentam-se como domo gnaiss-granito formado por associações de rochas homogeneizadas como gnaisses granitizados, migmatitos diatexitos e granitóides variados formados em ambientes profundos. Suas rochas são o resultado da fusão parcial de gnaisses máficos com grande número de corpos granodioríticos, submetidos a constantes e prolongados processos de migmatização e granitização. Os plutons graníticos e migmatitos originaram-se de vários estágios de migmatização em litologias constituídas por sedimentos pelíticos e, possivelmente, rochas básicas.	Constituída por anfibólio-gnaisses bandados e dobrados, pouco afetados por migmatização.	Apresenta sequência metassedimentar de natureza transgressiva apresentando calcário cristalino no topo, seguido de gnaisses, quartzitos e migmatitos. Podem ser observadas quatro fases de dobramentos. 1) apresenta dobramentos isoclinais recumbentes vergentes para sul com orientações NE-SW. 2) muito localizada, apresenta estilo holomórfico, tem direção NE-SW e é contemporânea aos cavalgamentos observados a leste e nordeste de Itataia. 3) está intimamente ligada ao início da movimentação dos falhamentos NW-SE (Falha do Rio Groaíras e Ingá). 4) Representada por um grande arqueamento de eixo NW-SE. Supõe-se que, nessa época o bloco tectônico de Itataia tenha assumido sua atual configuração com uma estruturação arqueada de concavidade voltada para noroeste, limitada pelos falhamentos de Ingá e Rio Groaíras.	É constituído por leptinitos, gnaisses abundantes e calcários cristalinos associados sem estratigrafia definida. Ocorre sob a forma de calhas sinformes com dobramentos isoclinais, mostrando vergência definida, assentado sobre sequências metassedimentares correlatas ao Grupo Itataia. Apresenta três fases principais de dobramentos. 1) é isoclinal recumbente com acentuada vergência para NW e direção dos eixos NE-SW. 2) tem direção N-S, mostra também estilo isoclinal e ocorre principalmente a sudoeste da área próximo a falha do rio Groaíras. 3) é holomórfica com eixo NW-SE e corresponde às ondulações regionais.	Possui estratigrafia definida com quartzitos na base, gnaisses e/ou xistos da posição intermediária e calcário cristalino no topo. Está assentada diretamente sobre litologias do Complexo Independência. Pode ser reconhecido duas fases principais de dobramentos. 1) apresenta estilo isoclinal recumbente com orientação N-S. 2) Reflete a última fase regional e parece estar ligada aos arqueamentos provocados pela movimentação das extensas zonas de transcorrência estadual.
Essas unidades apresentam cinco fases de dobramentos : 1) mostra estilo isoclinal recumbente vergente para SE, com eixos orientados NE-SW; 2 e 3) são holomórficas com eixo também NE-SW. 4) Holomórfica, com direção N-S, pode evoluir para o estilo isoclinal / falhas inversas, contiguamente à falha do Rio Groaíras. 5) Orientação NW-SE com ondulações de caráter regional.				

Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos dados de CPRM, 1998 e 2011. Mendonça, *et al*, 1982, p. 327 a 329.

A literatura especifica o Grupo Itataia (MENDONÇA *et al*, 1982) como a unidade de maior importância, no contexto das mineralizações uraníferas da região em estudo, sendo datada do Proterozóico inferior (ciclo Transamazônico) e constituída de uma sequência metassedimentar transgressiva podendo ser representada por:

Uma sequência litológica constituída de uma unidade basal migmatítica, capeada por delgado e descontínuo pacote quartzítico, sotoposto a gnaisses e calcário cristalino. Suas características lito-estruturais, com a presença de um espesso pacote carbonático na porção mais apical mostrando contato gradacional com a unidade gnáissica inferior, marcado por um horizonte calcossilicático, sugere a existência de um processo transgressivo de deposição. Os correspondentes psamíticos (quartzitos) responsáveis, em parte, pela preservação do relevo, possuem ocorrências restritas, ora ligados a leptinitos e migmatitos basais, ora a gnaisses que afloram na região. (MENDONÇA *op cit*, p. 330)

No grupo Itataia são encontradas quatro formações conforme mostra o mapa 14, (Pág. 126) de detalhamento geológico da jazida e áreas circunjacentes, sendo as mais importantes a Formação Barrigas e a Alcantil.



4.3. Morfologia da jazida e mineralizações

A morfologia do acidente topográfico que concentra o minério é dividida por Favali *et al*, (1982, p. 2023) em duas áreas. A principal com extensão de 800m na direção E-W e 400m no sentido N-S, assemelhando-se a uma elipse devido seu caimento para E, concordando com os dobramentos regionais, pode ser notada no terreno a partir da cota de 340m até 580m alcançando uma profundidade de 180m. O outro corpo situa-se em uma área mais rebaixada em torno da cota de 480m, dispondo-se de forma alongada no sentido NW totalizando 800 a 900m. A profundidade pode alcançar 200m sendo sua concentração extremamente irregular e ausente nas direções N, NE e E.

O minério de urânio está presente na rocha rica em colofana, denominado de colofanito constituindo um corpo maciço de grande extensão associado a mármores; também em *stockwork*¹² onde o colofanito preenche fraturas no mármore; em colofana disseminada em epissienitos, calcossilicáticas, mármores e gnaisses, além de estar presente em material de cor escura com zircônio e carbono disposto em zonas de brecha (MENDONÇA *et al*, 1980, 1982, 1985; FAVALI *et al*, 1980; INB, 2010)

4.4 O projeto da mineração

A viabilidade da exploração do fosfato-uranífero da jazida de Itataia atende a interesses que vão além da oferta dos recursos naturais. O Projeto Santa Quitéria, nome dado ao conjunto de ações que viabilizarão a mineração na área “objetiva a lavra, o beneficiamento do minério e o seu processamento até a produção do ácido fosfórico, matéria prima para a fabricação de fertilizantes fosfatados e sal mineral para nutrição animal. Como subproduto do processo será obtido um rejeito licoroso uranífero, a ser tratado em planta química separada, na mesma região”. (EIA/RIMA DO PROJETO SANTA QUITÉRIA, 2004) No cenário nacional é considerado um projeto estrutural/estratégico, pelo governo federal, equiparado aos da Transposição do rio São Francisco e a Ferrovia Transnordestina. No âmbito estadual atende aos anseios

¹² Rede de veios e filonetes preenchidos com minerais (minério), possível de ser explorado. A forma como os veios se dispõem na rocha encaixante cria uma malha tridimensional, obrigando a explorar toda a massa rochosa. (LNEG, 2012, dicionário Online)

desenvolvimentistas do governo conforme será tratado adiante. As principais fontes de informação do projeto são:

As matérias de cunho jornalístico levantadas desde o ano de 2008, período em que começaram efetivamente as negociações sobre os processos e trâmites legais da mina em questão de forma que foram levantadas setenta matérias jornalísticas publicada em um único jornal de veiculação regional, equivalendo a uma média de 17,5 reportagens anuais sobre o assunto denotando o interesse dos diversos segmentos que compõem a sociedade. (Figura 23).



Figura 23: reportagens sobre a mina de Itataia

Fonte: Elaborado por GONÇALVES JÚNIOR, 2012 a partir de Diário do Nordeste, a) 19.03.2011; b) 06.12.2007; c) 22.06.2010; d) 14.07.2009; e) 19.03.2011.

As informações da página virtual estão contidas, no sítio <http://www.inb.gov.br> das Indústrias Nucleares do Brasil – INB que é uma empresa da União e detém o monopólio da cadeia produtiva do urânio. Foi criada em 1988 sucedendo à NUCLEBRÁS e incorporando em 1994, as atividades e atribuições das empresas Nuclebrás Enriquecimento Isotópico S.A. (NUCLEI); Urânio do Brasil S.A. e Nucleomom Mínero-Química Ltda. Político-administrativamente está vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCT&I). Suas principais atividades são: prospecção e pesquisa de depósitos minerais, lavra e beneficiamento do concentrado de urânio, enriquecimento de urânio, transformação do gás enriquecido de urânio em pó e pastilhas e produção de energia elétrica advinda de atividade nuclear. (INB, 2012).

Outra fonte de informação foi o estudo e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) do Projeto Santa Quitéria, fazenda Barrigas, para a exploração de fosfato, solicitado pelo INB e elaborado pela empresa Consultoria, Geologia & Meio Ambiente (GEOCONSULT) submetido à Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará, (SEMACE), sob o nº 04003645-6 em junho de 2004 e invalidado pela Justiça Federal do Ceará, conforme discussão adiante. Considera-se ainda grupos sociais independentes e organizações não-governamentais que têm auxiliado no processo de construção de informações e conhecimentos ligados ao ciclo do urânio, através de debates incitados à sociedade e aos órgãos competentes juntamente com denúncias e movimentos sociais que geram, no mínimo, um senso crítico a cerca da problemática. (Figura 24).



Figura 24: Movimentos Sociais. a) ONG-Greenpeace; b) Comissão Pastoral da Terra; c) Plataforma Brasileira de Direitos Humanos Econômicos, Sociais, Culturais e Ambientais – DHESCA; d) Núcleo de Trabalho, Meio Ambiente e Saúde para a sustentabilidade – TRAMAS – Departamento de Saúde Comunitária da Faculdade de Medicina da UFC.

Fonte: Autor

Há mais de três décadas do descobrimento e de intensas pesquisas de mensuração do potencial mineral a jazida de Itaitia se encaminha para a fase de exploração. As intenções partem do governo do estado do Ceará, tendo à frente do executivo o governador Cid Gomes, a Indústrias Nucleares do Brasil S. A. – INB, representando a União como uma sociedade por ações de economia mista e a Galvani Minerações representando a iniciativa privada.

Essa interação do setor público com o privado na exploração do urânio ocorrerá pela primeira vez no Brasil, em Itaitia, tendo em vista que a INB possui o monopólio sobre todas as atividades envolvendo o minério radioativo. A escolha dessa empresa particular se deu através de licitação pública concorrendo às empresas Vale,

Bunge fertilizantes e a vencedora Galvani. Os investimentos financeiros para execução do projeto serão de R\$ 700 milhões sendo 80% desse total financiado pelo BNB.

O principal problema para a execução da obra e início da mineração, prevista anteriormente para o ano de 2012, é o licenciamento ambiental. Inicialmente a INB submeteu à SEMACE um estudo de impacto ambiental que tinha como principal atividade a extração e o beneficiamento do fosfato e como atividade secundária o aproveitamento do urânio. Tal estudo teve parecer favorável pelo órgão estadual.

No entanto, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e a sociedade questionaram a competência da SEMACE na apreciação do licenciamento, tendo em vista, que o fosfato está atrelado ao urânio no mesmo minério de forma que essa exploração só é viável economicamente se for concomitante. Nesse contexto, o Ministério Público do Ceará interpõe, ainda em 2005, uma ação civil pública pedindo a anulação do licenciamento da SEMACE. Após cinco anos de discussões técnicas, sociais, econômicas e ambientais a Justiça Federal do Ceará, por meio do juiz da 18ª vara, em Sobral, invalidou a competência da SEMACE para licenciar o caso e suspendeu a licença prévia e de instalação da obra com base na legislação ambiental.

Os norteadores legais que traduzem as competências para o licenciamento que trata de empreendimentos e atividades de significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, como a mineração uranífera são estabelecidos pela lei 6.938 de 31 agosto de 1981:

Art.10. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental.

Assim como pela resolução do CONAMA 237 de 19 de dezembro de 1997 que regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional do Meio Ambiente:

Art. 4. Compete ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, órgão executor do SISNAMA, o licenciamento ambiental a que se refere o artigo 10 da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, de empreendimentos e atividades com significativo impacto ambiental de âmbito nacional ou regional, a saber:

I – (...)

II – (...)

III – (...)

IV - *destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN.*

A CNEN é uma autarquia federal vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia e atua no sentido de colaborar na formulação da Política Nacional de Energia Nuclear; executar ações de pesquisa, desenvolvimento, promoção e prestação de serviços na área de tecnologia nuclear e suas aplicações para fins pacíficos, além de regular, licenciar, autorizar, controlar e fiscalizar essa utilização. (CNEN, 2012)

Nesse contexto, a CNEN se torna instituição chave que atua nos diversos segmentos do ciclo nuclear. No entanto, ao mesmo tempo em que ela tem poderes para licenciar e autorizar as atividades a ela compete fiscalizar essas obras. Esse acúmulo de funções contribui para restringir ainda mais o conhecimento nessa área e aumentar as desconfianças junto à sociedade. Segundo Lamego *et al*, (2002) um dos grandes problemas das atividades do ciclo nuclear é o sentimento de que é uma atividade envolvida com “segredos” inacessíveis e que não é democraticamente controlada.

No geral, a Constituição Federal de 1988 estabelece:

Art. 21. Compete à União:

(...)

XXIII – explorar os serviços e instalações nucleares de qualquer natureza e exercer monopólio estatal sobre a pesquisa, a lavra, o enriquecimento e reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios nucleares e seus derivados.

(...)

Nesse contexto, os agentes envolvidos no processo, sobretudo os quiterienses, aguardam os resultados de um novo EIA/RIMA, que está em fase de execução, e será submetido ao IBAMA. Contudo, questiona-se o baixo envolvimento da população local nessas pesquisas e, conseqüentemente, na elaboração do documento dando indícios de um trabalho estritamente técnico que pode até responder aos parâmetros ambientais exigidos pela legislação, mas deficitário no atendimento às questões sociais dos verdadeiros envolvidos: os habitantes do entorno.

5. Os minérios de Fosfato e Urânio em discussão.

A exploração dos minérios de fosfato e urânio ocorrerá, concomitantemente, em uma área em comum. As repercussões e as preocupações com a atividade seriam características da mineração, assim como ocorre em diversas regiões do Brasil e em Santa Quitéria (Figura 25). No entanto, o elemento radioativo gera uma discussão que transcende à análise dos impactos benéficos e adversos ao meio ambiente e congrega posturas ideológicas acerca do uso desse minério para energia nuclear. Nesse contexto, busca-se evidenciar as características desses elementos que estão presentes, sobretudo, na fase de extração.

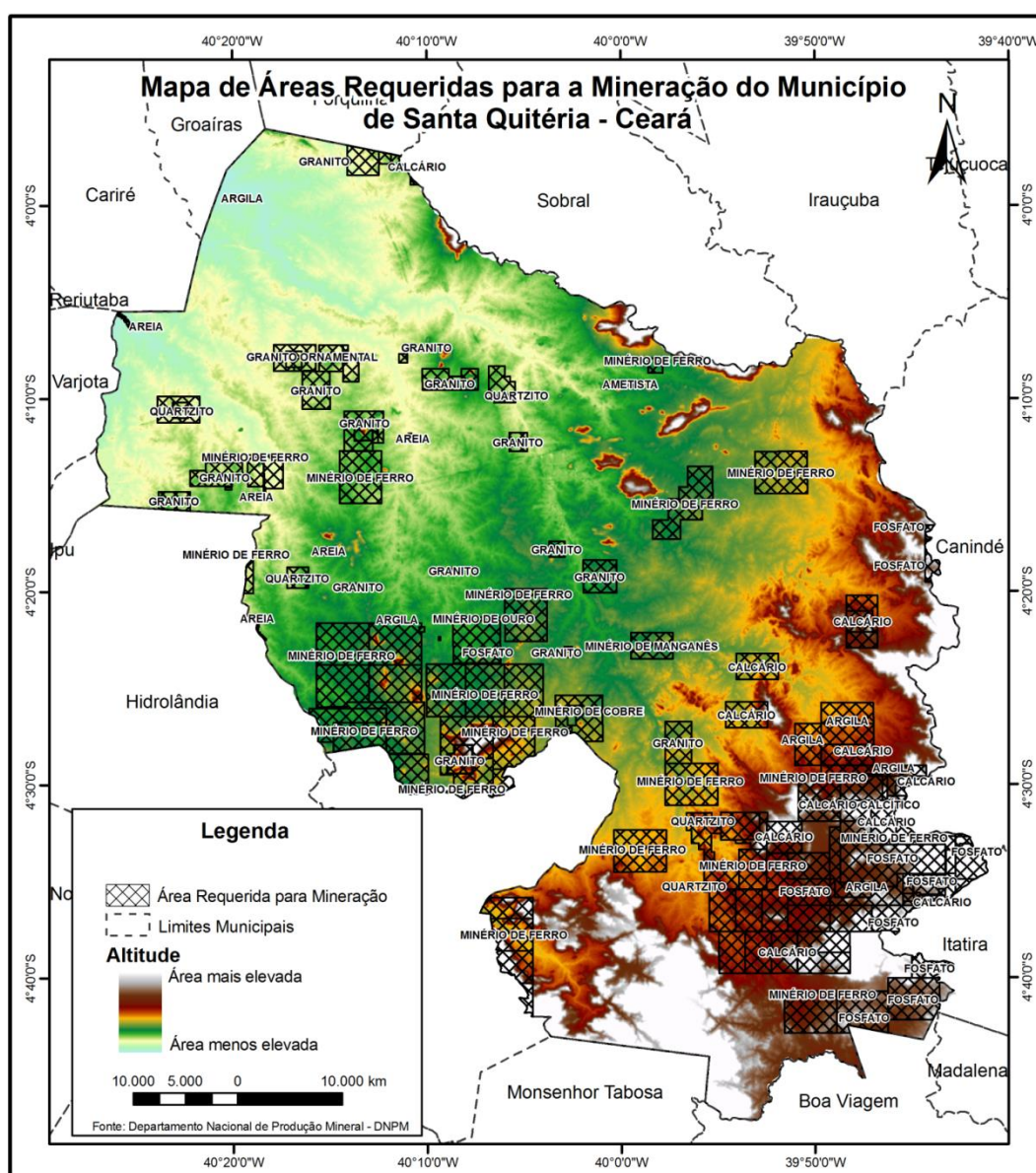


Figura 25: Áreas requeridas para a mineração.

Fonte: Autor a partir dos dados do SIGMINE do DNPM

5.1. O Fosfato

Os fosfatos são compostos químicos encontrados geralmente na forma de sais e possuem como principal elemento o fósforo – P, do grupo dos metalóides¹³ com número atômico 15. O fósforo, segundo Uliana, (2010) por se tratar de elemento físico-quimicamente muito ativo, não é encontrado livre na natureza, ocorrendo predominantemente na forma de sais-fosfatos que abrangem uma numerosa gama de espécies minerais de composição variada. Geralmente são expressos na literatura técnico-científica como pentóxido de fósforo – P_2O_5 e no meio industrial como Bone Phosphate of Lime – BPL ou como fosfato tricálcico $Ca_3(PO_4)_2$. Constitui um recurso mineral não renovável e sem sucedâneo.

Para Souza e Fonseca, (2011, p. 546) em termos mundiais, a rocha fosfática é a única fonte de fósforo viável, estando contida nos depósitos de origens sedimentares (em torno de 85% da oferta mundial), ígneas (próximo de 15%) e biogenéticas. As maiores reservas de fosfato proveniente de sedimentos, no caso marinho, estão localizadas nos Estados Unidos, México, Marrocos, Noroeste do Saara e Oriente Médio. Os principais depósitos de origem ígnea estão na África do Sul, Rússia, Finlândia e Brasil.

Os dados do DNPM (2010), apontam que, no Brasil, aproximadamente 80% das jazidas fosfáticas são de origem ígnea sendo os minérios denominados de fosfato natural, rocha fosfatada ou concentrado fosfático. A distribuição das reservas brasileiras está sintetizada na tabela 03.

¹³ Designação dos elementos químicos que apresentam algumas, mas não todas, as propriedades físicas de um metal.

Tabela 3: Reservas de rochas fosfáticas por unidades da federação – UF, com referência ao ano de 2007.

UF	Medida t	Teor %P2O5	Contido t	Indicada t	Contido	Inferida t	Contido t	Lavrável t	Contido t
MG	1.640.812.838	9,06	148.591.613	700.109.428	68.032.200	849.518.915	72.901.480	1.915.047.726	171.898.099
SC	240.818.000	6,12	14.740.506	0	0	0	0	240.818.000	14.740.506
GO	191.443.009	10,26	19.646.409	233.648.892	24.305.071	117.805.937	12.246.395	382.381.441	39.626.421
SP	138.810.270	6,93	9.622.414	192.630.000	9.823.295	83.710.000	5.656.422	223.139.560	13.149.713
CE	89.178.080	11,00	9.809.589	3.806.723	418.740	59.500.000	6.545.000	168.678.080	18.554.589
TO	24.823.456	11,18	2.776.134	0	0	0	0	24.823.456	2.776.134
PE	21.316.344	21,24	4.528.309	6.496.584	840.492	5.572.863	816.333	22.868.584	4.543.736
BA	1.102.416	18,43	3.151.727	814.590	144.406	26.124.070	3.369.261	14.829.510	2.846.343
PB	9.693.081	11,93	1.156.764	10.278.705	1.160.457	0	0	38.772.324	4.627.056
PI	1.425.428	18,50	263.704	184.954	34.216	0	0	1.425.428	263.704
Total	2.375.422.922	9,02	214.287.169	1.147.969.876	104.758.877	1.142.231.785	99.534.891	3.032.784.109	273.026.301

Fonte: DNPM/SOUZA E FONSECA, 2011.

A principal utilização das rochas fosfáticas é na produção de fertilizantes (84.11%), produtos químicos (11.71%), ração animal (2.24%), corretivo de solos (0.99%) e outros (0.95%). Os estados consumidores são MG (51.36%), SP (43.25%), BA (3.05%), PR (0.31%), GO (0.13%), SC (0.05%), MT (0.04%), outros (1.81%). (DNPM, 2010, p. 636).

A larga utilização do fósforo como insumo para fertilizantes e ração animal se dá porque ele é um elemento fundamental na geração de biomassa vegetal e armazenamento de energia das plantas. Nos animais está presente nas células como trifosfato de adenosina – ATP, além de constituir a ossatura tornando-se, assim, indispensável ao crescimento e sustentação desses organismos.

Aproveitar o fósforo sob a forma de pentóxido de fósforo (P_2O_5) é uma necessidade única e imperiosa, para que se possa através de processos mecânicos, após utilizar esse produto em várias proporções bem definidas com outros compostos, resultar numa mistura denominada de fertilizantes (adubos) minerais ou orgânicos, que levado ao solo, substitua as quantidades dos elementos vitais – nutrientes (oxigênio, carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, zinco, manganês, boro, molibdênio e hidrogênio – água) que foram retirados pelas plantas, tornando-o apto para novas plantações ou utilizações. (SOUZA E FONSECA, 2011, p. 547).

O EIA/RIMA do Projeto Santa Quitéria apresentado, de início como se apenas fosse ocorrer à exploração e o beneficiamento do fosfato, justifica a implantação do empreendimento pelos seguintes fatores:

- 1) “A demanda por fertilizantes agrícolas e sais minerais para ração animal no Nordeste do Brasil é crescente e assim o empreendimento impulsionará os agronegócios nessa região.”
- 2) “O ácido fosfórico terá no mercado interno a sua maior demanda sendo usado na produção de fertilizantes, seguido da produção de fosfato bicálcico, para alimentação animal em associação com o calcário.”
- 3) “O Brasil é o 4^a maior consumidor mundial de fertilizantes, necessitando da importação de 54% da matéria-prima para produzi-los. Com a jazida essa dependência passaria a ser de 40%, com grande economia de divisas”
- 4) “Com essa jazida haveria também uma desconcentração da indústria de fertilizantes, favorecendo o Nordeste que consome apenas 10% desses produtos no Brasil”

5) “É promissora também, do ponto de vista de demanda, diante da expansão do consumo nacional de fertilizantes, em razão do surgimento de novas fronteiras agrícolas, com a plantação de soja e outros grãos, na região Norte-Nordeste do País.”

Sabe-se a partir desse mesmo documento que, em Santa Quitéria, o minério será lavrado e tratado para a obtenção de ácido fosfórico H_3PO_4 e totalmente disponibilizado como matéria-prima para fertilizantes e sal mineral. Além da mineração o beneficiamento será realizado na área da jazida “O ácido fosfórico será obtido por via úmida pelo ataque de rocha fosfática (fosfato tricálcico) com o ácido sulfúrico segundo a reação:



Onde o n pode ser $\frac{1}{2}$ (hemihidratado) ou 2 (dihidratado) originando dois processos distintos”

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP, (2001) as atividades de mineração como a extração e beneficiamento de rocha fosfática para produzir material mineral fertilizante tem o potencial de causar impactos ambientais. Esses impactos podem assumir a forma de mudanças na paisagem, contaminação dos recursos hídricos, consumo excessivo de água e poluição do ar. (Figura 26)

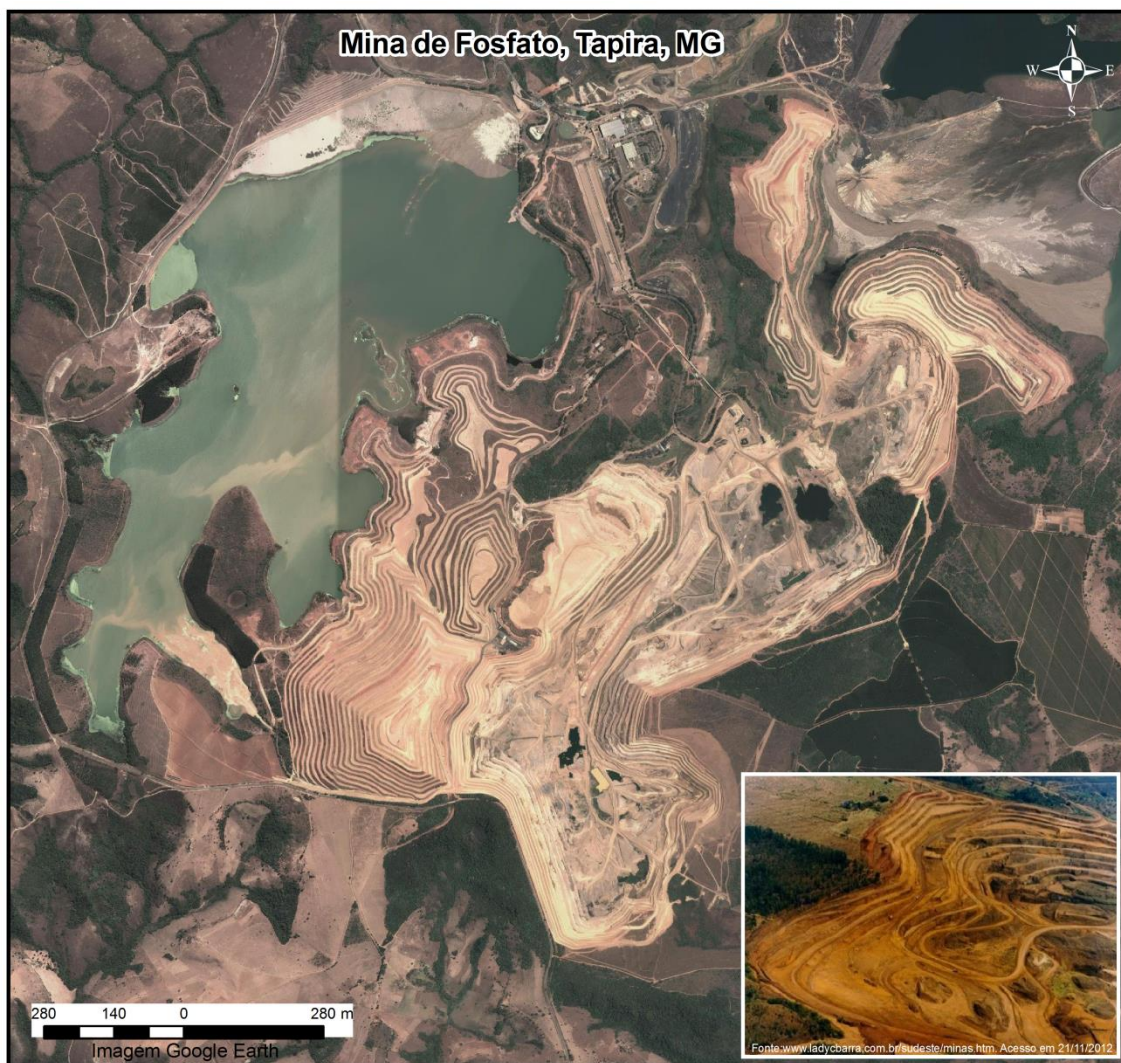


Figura 26: Imagem de satélite da mina de fosfato localizada no município de Tapira, MG. Tem como objetivo ilustrar comparativamente a atividade que será implantada em Santa Quitéria, Ceará.
Fonte: Autor

A partir da análise do ciclo de vida do fosfato (Figura 27) que destaca a natureza sequencial das atividades desse mineral é possível identificar os problemas ambientais.

“Ao examinar cada fase do ciclo de vida, os potenciais efeitos ambientais podem ser identificados e as medidas tomadas para reduzir ou prevenir. As sinergias podem ser desenvolvidas, e as oportunidades identificadas, evitando custos adicionais e, potencialmente, criar novos fluxos de receita, resultando em um desempenho ambiental e econômico” (UNEP, 2001 p. 04).

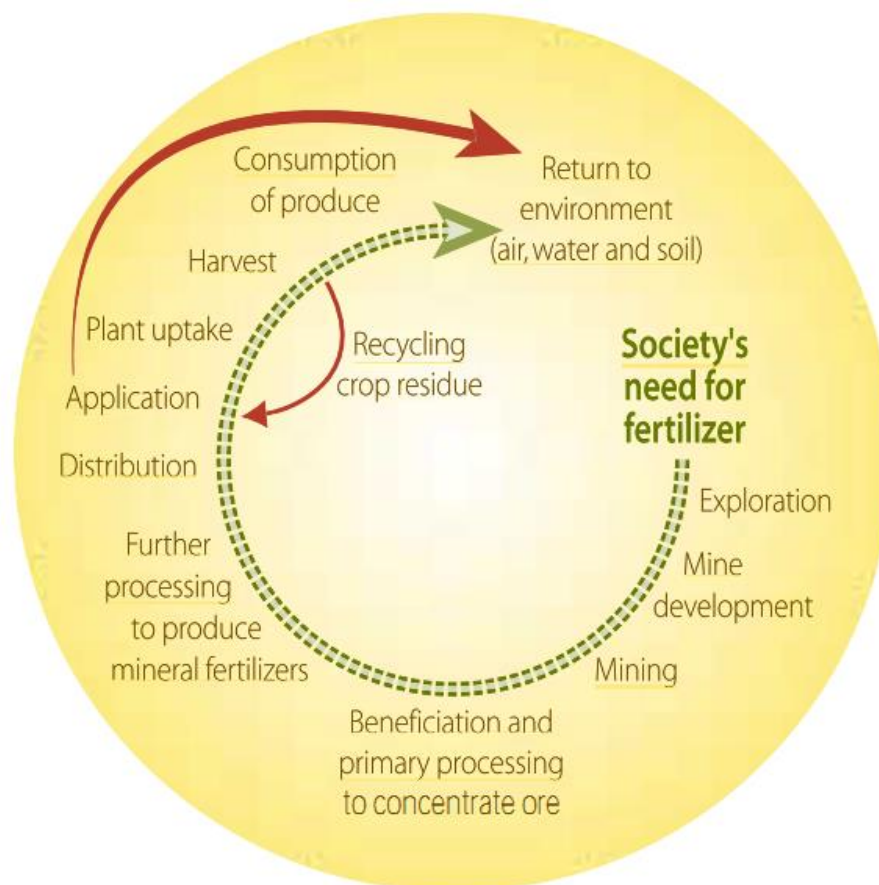


Figura 27: Fluxo sequencial da cadeia de atividades do Fósforo.
Fonte: UNEP, 2001.

5.2. O Urânio e as implicações no ambiente e na saúde humana

O urânio foi descoberto em 1789, pelo químico M. H. Klaproth quando estudava a pechblenda, sendo inicialmente chamado de *uranit* em homenagem ao planeta Urano, contemporaneamente descoberto. Contudo, a capacidade radioativa só foi evidenciada por Becquerel entorno do ano de 1896 (BONOTO, 2004).

O minério de urânio se caracteriza em sua cadeia de utilização e aproveitamento pela capacidade radioativa inerente às propriedades físico-químicas de seus átomos. No contexto geográfico global a radiação é empregada na medicina, na indústria, sobretudo energética, na agricultura e em atividades militares.

O Urânio é um elemento químico representado pelo símbolo U com número e massa atômica igual a 92 e 238 respectivamente. Na natureza é disposto na forma de

três isótopos: U_{238} equivalendo a 99,3% de todo urânio encontrado, U_{235} com 0,7% e o U_{234} em torno de 0,005% (TAIOLI, 2008).

O radionuclídeo ou átomo radioativo é caracterizado pela instabilidade de seu núcleo que ao se decompor em um processo denominado decaimento radioativo transforma-se em novos produtos liberando radiação ionizante. Segundo Scheele, (2011) a transformação natural do urânio em outros elementos é um processo lento que dura um período de centenas de milhares de anos onde os elementos recém-formados são chamados de produtos de decaimento do urânio. São também isótopos radioativos, e todos eles estão continuamente se transformando em seus próprios produtos de decaimento respectivos. “Isto significa que no minério de urânio ele nunca é o único elemento radioativo” p. 27. Esse decaimento é mensurado pela meia-vida de cada elemento que significa o tempo necessário para desintegrar a metade da massa deste isótopo, que pode ocorrer em segundos ou em bilhões de anos, dependendo do grau de instabilidade do radioisótopo (Figura 28).

O urânio é um elemento instável possuidor de dois isótopos naturais U_{235} e U_{238} que, por sua vez, dão origem a séries de decaimentos radioativos. O U_{238} torna-se estável após 14 transformações, sendo oito do tipo alfa e seis do tipo beta, até atingir o estável Pb_{206} . Na série de decaimento do actínio U_{235} , ocorrem 11 transformações, sendo sete do tipo alfa e quatro do tipo beta, quando finalmente atinge seu produto final Pb_{207} . O isótopo U_{234} é radiogênico, ou seja, é produto do decaimento de dois nuclídeos: Th_{234} (meia vida de 24,1 dias) e Pa_{234} (meia vida de 1,18 minutos), que fazem parte da série do U_{238} (BONOTO, 2004; SILVA, 2011).

Um dos grandes problemas do decaimento nas áreas de mineração é o gás Radônio, principalmente para os trabalhadores das minas onde ocorre uma concentração maior desse gás. Além disso, pode ser considerado o permanente desprendimento do gás, caso não ocorra um adequado encerramento das atividades mineiras após a exaustão do minério.

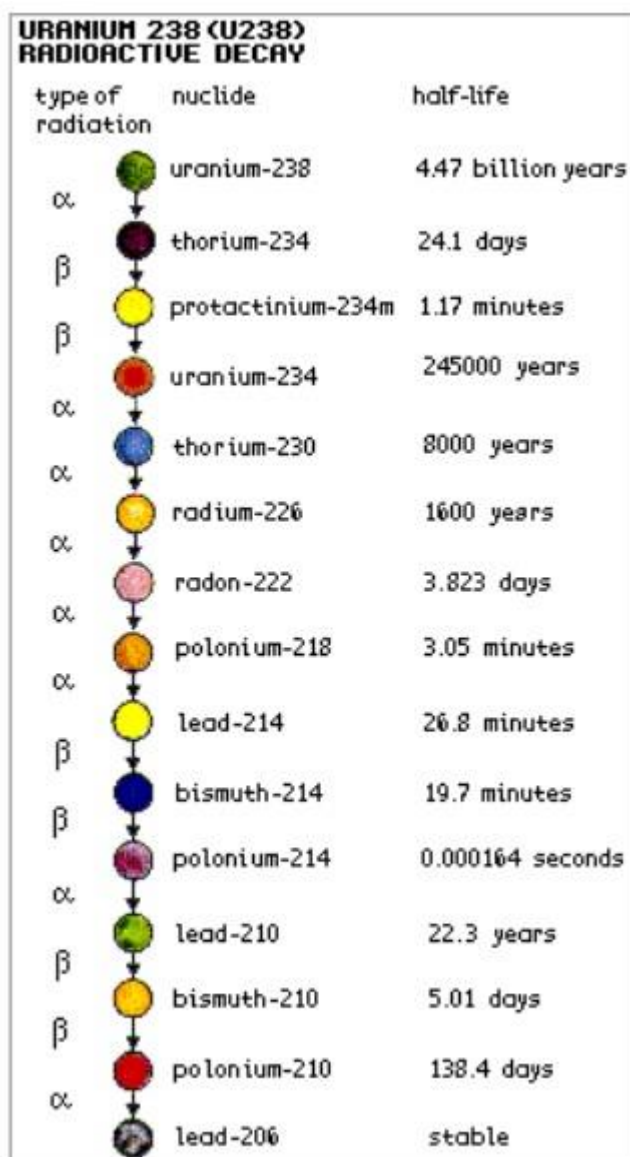


Figura 28: elementos químicos provenientes do decaimento radioativo do U238 com o tipo de radiação emitido e tempo necessário exigido.

Fonte: SCHEELE, 2011.

O processo industrial inerente ao aproveitamento do minério uranífero, sobretudo, do colofanito, revolverá elementos que estão em constante decaimento e consequentemente emitindo radiação ionizante podendo refletir negativamente nos sistemas físicos e biológicos das áreas envolvidas.

O risco radiológico potencial da mineração de urânio para a saúde do público decorre do fato de que um grande volume da rocha que hospeda a mineralização de urânio é removido do subsolo e depositado sobre a superfície do solo. Além disso, o minério é submetido à cominuição (britagem e moagem) e a tratamento químico, o que aumenta a exposição dos

minerais e a mobilidade dos radionuclídeos no meio ambiente. (CIPRIANI, 2002, p. 25)

Nesse sentido pode-se falar em elementos ou substâncias químicas presentes em efluentes líquidos, sólidos e gasosos que em maior ou menor grau tem capacidade de dispersar a radiação, destacand-se a água e o vento como principais agentes desse processo.

Segundo Azevedo e Cunha *apud* Prado, (2007, p. 40) no meio ambiente, as substâncias químicas podem ser degradadas por processos químicos, como hidrólise, fotoxidação e bioquímicos. A estabilidade da substância está relacionada à sua própria estrutura e a fatores ambientais, como temperatura, nível de radiação solar, pH e concentração de matéria orgânica que determinam também a propagação da substância no meio. Algumas moléculas recalcitrantes, ou seja, particularmente resistentes à degradação química e bioquímica, apresentam meia-vida longa na biota, no solo, nos sedimentos e na água, causando maior impacto ao ecossistema. Esse seria o caso dos compostos de urânio principalmente na forma de óxidos. Outras, por sua vez, ao sofrer degradação, resultam em produtos com toxicidade maior que a do precursor.

O contato com a fonte radioativa pode ser indireto, através das cadeias tróficas, raios cósmicos e radiação terrestre e direto pela exposição, ingestão e inalação da radiação constituindo, assim, fontes externa e interna respectivamente. No geral, a incorporação de radionuclídeos nos organismos ocorre principalmente por ingestão de alimentos e água. “No caso de uma dada incorporação de radionuclídeos, estima-se que os mesmos causarão danos durante todo tempo que estiverem dentro do corpo e que esses danos vão se somando durante esse tempo de permanência, ou se eles não forem eliminados, por todo o resto da vida do indivíduo.” (CPRIPRIANI *op. cit*, p. 09).

Os efeitos biológicos da radiação ionizante podem incidir sobre as células e tecidos causando interrupção no funcionamento normal dos organismos, dentre as interferências, destaque para as que podem ocorrer no ácido desoxirribonucleico – DNA. Os problemas se configuram se esse DNA sofrer uma intervenção radioativa e os mecanismos de defesa do corpo não conseguir reparar o dano à célula afetada que poderá morrer, deixar de se reproduzir ou resultar modificada. Dessa forma, cada possibilidade de reação da célula gera uma consequência distinta para o organismo. A maior parte dos órgãos e tecidos do corpo não são afetados pela perda de poucas células, no entanto, se o número perdido for grande e as células forem suficientemente

importantes ocorrerá uma perda da função do órgão ou tecido e consequentemente uma desestabilização no funcionamento do organismo. A probabilidade desse dano vir a ocorrer é diretamente proporcional às doses de radiação, ou seja, ele é zero para pequenas doses. Entretanto, acima de um determinado nível de dose, denominado de limiar, essa probabilidade aumenta significativamente até 100%, repercutindo na severidade do caso. Esse tipo de efeito danoso chama-se efeito determinístico, porque é certo que ele ocorrerá se a dose for suficientemente grande. Por outro lado, se a célula não é morta mas apenas lesionada, os danos são normalmente corrigidos pelo sistema de defesa do organismo. Se a reparação não for perfeita, a alteração será transmitida para clones de células filhas ou células filhas modificadas. Logo, supõe-se que o clone da célula produzida por uma célula somática modificada, pode causar, após um prolongado e indeterminado tempo, chamado de período de latência, uma condição maligna, isto é, um câncer. Nesse caso, o aumento da dose (exposição) causa o aumento da probabilidade de ocorrência de um câncer, mas não causa o aumento da severidade dessa doença. Esse tipo de efeito é denominado de efeito estocástico, ou seja, de natureza aleatória. Se o dano ocorrer em células germinativas, aquelas responsáveis pela transmissão da informação genética para os descendentes do indivíduo exposto, distúrbios hereditários poderão surgir (CIPRIANI, 2002; DIEHL, 1998; DAGLE, G. E. SANDERS, 1984; ICRP, 2012; UNSCEAR 2000, 1993).

A literatura relaciona diversas anomalias ligadas à exposição de seres vivos, sobretudo, humanos à radioatividade, de forma que, os sintomas, assim como, sua intensidade, variam de acordo com a dosagem e com o período em que essa dosagem é recebida. As doses que possuem a capacidade de causar efeitos determinísticos só se evidenciam em casos de acidentes nucleares ou radioativos sérios em que os organismos (pessoas) são submetidos a elevadas dosagens em curtos períodos acarretando, consequentemente, a morte. Considera-se também o efeito determinístico na irradiação de tecidos vivos em tratamentos médicos como radioterapia. Os conhecimentos acerca das consequências da intensa radiação advêm de momentos históricos críticos como em Hiroshima e Nagasaki no Japão e de testes realizados em animais.

Nesse contexto, as pesquisas têm se voltado mais aos efeitos estocásticos, tendo em vista, que seus descobrimentos repercutem diretamente no dia a dia da população. Para Cipriani, (2002) as fontes mais relevantes de informações sobre os efeitos biológicos da radiação derivam da análise de grupos de população humana expostos a quantidades conhecidas, porém de diferentes intensidades, como mineiros,

trabalhadores de usinas de beneficiamento de urânio e demais minérios radioativos, habitantes de áreas circunjacentes a fábricas ou minas que lidam com produtos desse tipo.

Os radionuclídeos, como o urânio, chegam ao interior do corpo humano quando ingeridos, inalados, absorvidos pela pele ou por uma mucosa, ou então quando são administrados durante os exames realizados com radionuclídeos. O dano produzido pela radiação que essas fontes emitem depende da energia das partículas, tipo de radiação emitida, distribuição do radionuclídeo no corpo e da taxa de eliminação do radionuclídeo (GARCIA, 2002).

A partir do exposto devem-se ponderar as conclusões acerca das emissões radioativas e seus reais danos ao meio ambiente e aos seres vivos. Não se refere, portanto, aos efeitos deletérios da radiação que são incontestáveis, mas os níveis dessa radiação e o tempo de exposição desses componentes a ela, considerando que existe o fundo radioativo natural em que todos estão submetidos permanentemente.

Segundo a revista *Scientific American* (Brasil, 2012) em média, as pessoas são expostas a um nível de 2 a 3 *millisieverts*¹⁴ de radiação por ano, proveniente de uma combinação de radiação cósmica, emissões de materiais de construção e substâncias radiativas naturais no ambiente. A Comissão Regulatória Nuclear dos Estados Unidos recomenda que o público em geral limite sua exposição a menos de 1 *millisievert* adicional por ano.

No contexto, evidencia-se que os habitantes de Santa Quitéria e áreas do entorno da mina, sobretudo, os localizados a 20km¹⁵ estarão espacialmente próximos a fontes radioativas e conseqüentemente mais expostos à radiação sendo potencialmente mais propícios a possíveis danos biológicos e ambientais com a execução da obra.

¹⁴ O sievert (Sv), ou seu submúltiplo o milissievert (mSv), é a unidade do Sistema Internacional de Unidades da dose equivalente ou dose de radiação. A dose equivalente leva em conta o efeito biológico em tecidos vivos, produzido pela radiação absorvida. A dose equivalente é obtida da dose absorvida multiplicada por fatores ponderantes apropriados. .Fonte: <http://pt.wikipedia.org>).

¹⁵ Área de influência direta da mina estabelecida pelo EIA/RIMA do projeto de Caetité e utilizada em diversos estudos, como o da Associação Civil GREENPEACE, (2008) para delimitar a influência dos radionuclídeos.

Ao contrário de uma usina nuclear, que não oferece em situação de operação normal, impactos radiológicos ambientais detectáveis, a lavra e o beneficiamento de urânio são atividades cujas emissões para o meio ambiente são mais perceptíveis, ainda que, se bem licenciadas e controladas, não ofereçam riscos significativos ao indivíduo do público. Todavia o desenvolvimento de uma lavra, com todo o processo de movimentação de terra, alteração de drenagens, dentre outras operações, torna esta atividade bastante impactante, propiciando uma alteração sensível no meio ambiente. (ARAÚJO, 2005, p. 06)

Na figura 29 é possível compreender a complexidade da interação entre o homem, os elementos ambientais e os nuclídeos, através das vias de transferências.

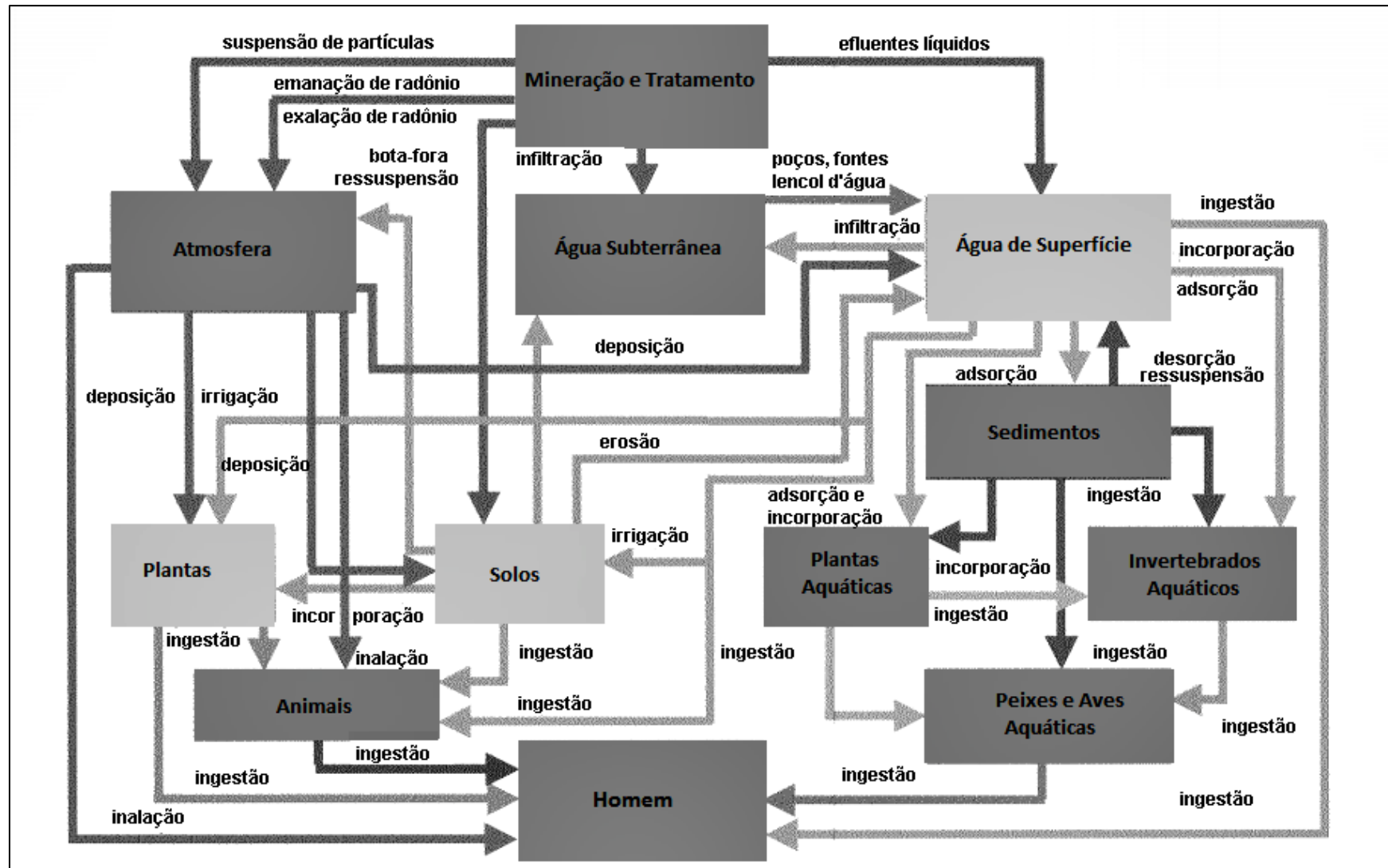


Figura 29: Principais vias de interação da mineração uranífera radioativa com o meio ambiente e os seres vivos

Fonte: IAEA, 1982; CIPRIANI, 2002.

5.3 Mineração de Urânio: a relação do local com o global

A complexidade do tema é sustentada por posições díspares, às vezes, radicais e sem consenso acerca da problemática em questão, conforme já discutido. No entanto, existe um fator em comum nas cidades de mineração uranífera, que é a projeção delas no cenário nacional e internacional. Isso ocorre devido essa atividade ser a base ou início do ciclo nuclear e pelos problemas ambientais, sobretudo, os relacionados à saúde e bem-estar configurados durante as atividades e herdados por um longo tempo. Podem ser destacadas:

A mina em Jadugoda, no estado de Jharkhand, na Índia, onde se encontra uma mina subterrânea explorada, desde 1962, com mais de 800m de profundidade. A região é habitada por indígenas. Dentre os principais problemas enfrentados pode-se destacar o descarte de rejeito radioativo nos campos de arroz dos Adivasis e índices elevados de má formação de seres humanos. (GLOBALSECURITY, 2012). (Figura 30)

Outro exemplo é em Erongo, na Namíbia, que tem a maior mina de urânio do mundo, em atividade desde 1976. A mina a céu aberto fica situada numa zona muito árida, num deserto em que existe um rio subterrâneo. O minério dessa região possui concentrações de urânio relativamente baixas (0,03 a 0,04% U₃O₈), de forma que, para se obter 1 kg de urânio produzem-se 250 kg de resíduos radioativos. Pode ser destacada a liberação de direitos para exploração e mineração dentro dos parques nacionais. (SUCHANEK-Portal ECODEBATES, 2009; WISE & SOMO, 20011) (Figura 30).

No Brasil, a primeira região a explorar o minério de urânio, foi o estado de Minas Gerais, na Cidade de Poços de Caldas, no período de 1982 a 1995. Atualmente, encontra-se em uma controvérsia fase de descomissionamento¹⁶. Entre os principais problemas destacam-se a formação de água ácida que ocorre devido à reação do minério pirita com o oxigênio e água; presença de rejeito de minerais ricos em enxofre (sulfetos) que sofre um processo de oxidação natural e em contato com a água da chuva produz ácido sulfúrico e solubiliza metais pesados como o manganês e o próprio urânio. (COUTO, 2010; LAMEGO *ET AL*, 2003; NETO, 2012). (Figura 30)

A única área de mineração uranífera ativa no Brasil é Caetité, no estado da Bahia, que será discutida no próximo capítulo atendendo o último objetivo específico desta pesquisa.

¹⁶ Processo de desativação de uma instalação nuclear ao final de sua vida útil.

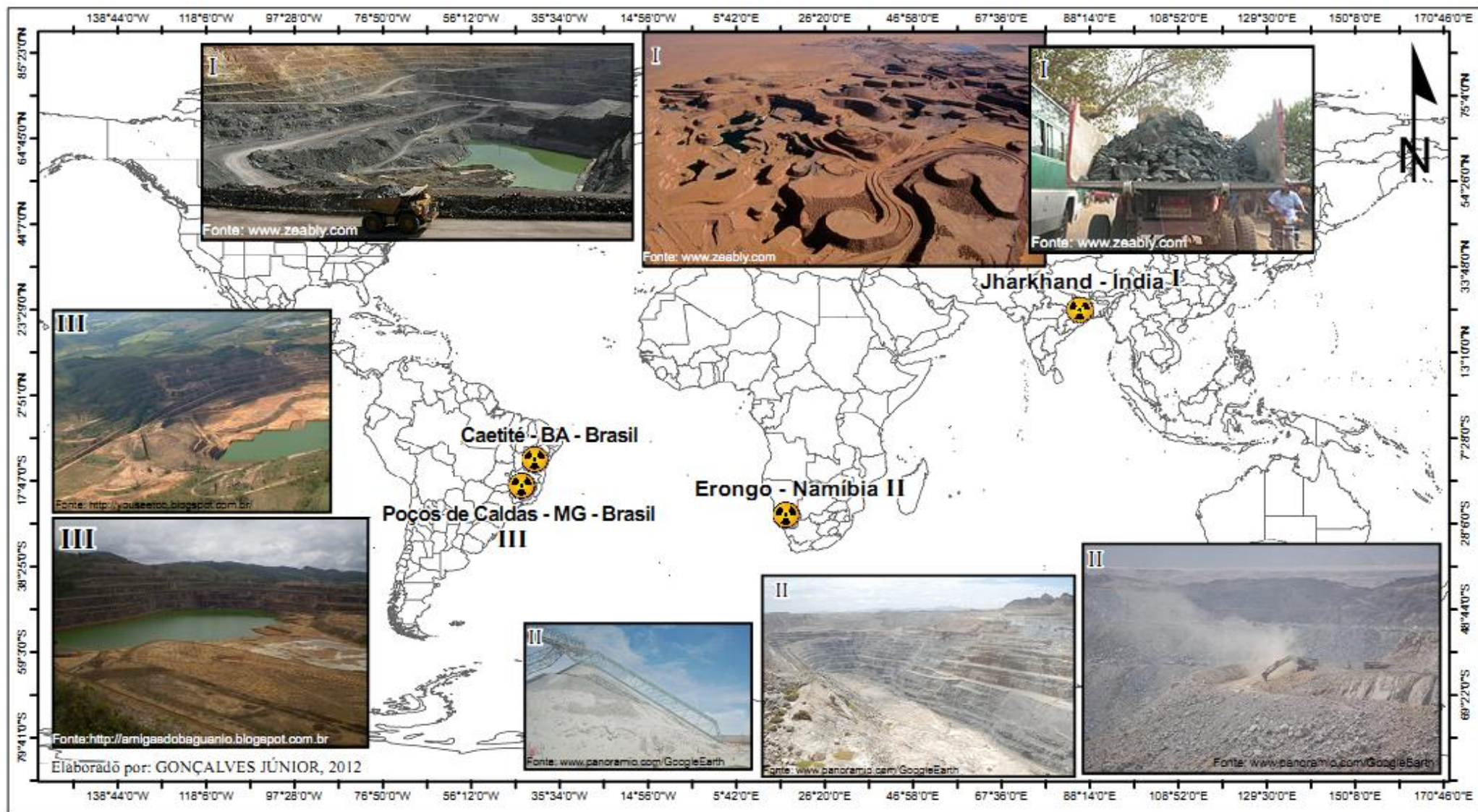


Figura 30: exemplos e localização de áreas com mineração de Urânio no Brasil e no mundo.

Fonte: Autor

Segundo Lamego, *et al*, 2003 existem três principais tipos de rejeito resultante das operações de mineração e beneficiamento: rejeitos de lavra (estéril de mina), rejeitos do processo (“tailings”) e efluentes líquidos.

O estéril de mina consiste de fragmentos de rocha cujo teor do minério é determinado pelo tipo de processo empregado no beneficiamento; podem conter minerais de sulfeto (exemplo pirita), ou outras substâncias, que são lixiviadas pela água de percolação sendo o processo que mais contribui para a formação de drenagens ácidas e mobilização de metais do estéril de mina para o meio ambiente.(...) Os “tailings” são os rejeitos primários do processo. A mitigação dos problemas de longo prazo associados à mineração e beneficiamento de urânio só é possível através do efetivo isolamento dos radionuclídeos de longa meia-vida evitando, assim, que migrem rapidamente dos “tailings” para os sistemas de suporte da vida e cadeias alimentares, nos quais tem um tempo de residência extremamente longo (...). Os efluentes líquidos das operações de lavra e beneficiamento de urânio precisam ser confinados na área ou tratados antes de serem liberados no ambiente devido possuírem elementos radioativos como o rádio. pgs. 169 e 170.

Esses subprodutos precisam ser gerenciados adequadamente, pois continuam a emitir radiação.

Constata-se que os efeitos da radiação na saúde da população envolvida no processo mineiro (trabalhadores das minas, das usinas de beneficiamento e habitantes do entorno) se evidenciam geralmente, em longo prazo, contrastando com a urgência das necessidades econômicas desses povos, isto é, na maioria das regiões com reservas minerais de urânio, como as mencionadas anteriormente. Em Santa Quitéria, boa parte das populações são desprovidas de oportunidades e investimentos sociais e enxergam nessa atividade uma fonte de renda. De acordo com o *Labour Resource and Research Institute* – LARRI, (2009) na África, as grandes mineradoras oferecem salários acima da média de mercado tornando os empregos atrativos. Além disso, pode ser destacada a falta de conhecimento dos trabalhadores acerca dos problemas gerados devido à exposição à radioatividade, as dúvidas tanto das instalações quanto dos equipamentos de proteção e a sensação de insegurança nesses ambientes.

No Brasil, além da projeção das cidades uraníferas outro fator que contribui para relacionar o local com o global é a cadeia completa dessa atividade chamada de

ciclo do urânio¹⁷ tendo em vista que o País não dispõe de tecnologia suficiente (ou economicamente viável) para tratar o U_3O_8 até o seu destino final que é o abastecimento da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto formada pelo conjunto das usinas ANGRA 1 e ANGRA 2. (Figura 31)



Figura 31: Ciclo do Urânio no Brasil
Fonte: DAQUI/INB2009

A temática pode ser aprofundada através das referências indicadas no quadro 6 que apresenta com uma riqueza de ilustrações as experiências e depoimentos de pessoas e lugares que convivem de alguma forma com a radioatividade.

¹⁷ O Ciclo do Combustível Nuclear é o conjunto de etapas do processo industrial que transforma o mineral urânio, desde quando ele é encontrado em estado natural até sua utilização como combustível, dentro de uma usina nuclear (INB, 2012).

Quadro 6: Fontes cinematográficas para aprofundamento da temática.

Referências Cinematográficas sobre as complexidades do Urânio e da Radioatividade
Tchernobyl, Une histoire naturelle? (Chernobyl, uma História Natural?), França, 2009, 90 min. Dirigido por Luc Riolon, Produzido por Camera Lucida Productions, www.cameralucida.fr
The Return of Navajo Boy (O Retorno do Menino Navajo), EUA, 2000, Epílogo de 2008, 57 min. Diretor Jeff Spitz, co-produzido por Jeff Spitz e Klain Bennie. Contato: www.navajoboy.com
Into Eternity (Ao Infinito), Dinamarca, 2010, 75 min, Direção: Produtor Michael Madsen, Lise Lense-Möller / ILMES Hora Mágica, www.intoeternitythemovie.com
Pedra Podre, Brasil , 1990, 26 min, Direção: Eva Lise Silva, Ligia Girão, Stela Grisotti, Walter-Behr
When the Dust Settles (Quando a poeira baixar), Austrália, 2010, 35 min, Direção: David Bradbury.
Un dimanche à Pripjat (Um domingo em Pripyat), França, 2006, 26 min, escrito e dirigido por Blandine Huk & ousseau Frédéric. http://nofilm.free.fr/pripiateng.html
Buddha Weeps in Jadugoda/Ragi Kana Ko Bonga Buru (Buda Chora em Jadugoda), Índia, 1999, 52 min, Direção Shri Prakash.
Fight for Country (Luta pela Terra), Austrália 2001/2002, 62 min, Escritor / diretor / câmera: Pip Starr, Rockhopper Productions, http://www.rhproductions.com.au
Uranium (Urânio), Canadá, 1990, 48 min, Direção: Magnus Isacson, Produção: Nacional Film Board of Canada, www.socialdoc.net/magnus
Yellowcake , EUA, 2009, 10 min, Direção: Brock Williams. www.boxcarfilms.com , info Film: www.downtheyellowcakeroad.org
Uranium Road (Estrada de Urânio), África do Sul, 2007, 52 min, Direção: Theo Antonio, Produção: Jenny Hunter
Poison Wind (Vento Venenoso), EUA, 2007, 37 min, Direção: Jenny Pond, produzido por Norman Patrick Brown & Jenny Pond. Orientador: Manuel Pino, premiado com o Nuclear Free Future Award 2008, Informação: Poisonwindmovie.wordpress.com
U: Uranium (U: Urânio), EUA, 2010, 11 min, Direção: Sarah del Seronde, Produtores Executivos: First Nations Development Institute, Seventh Generation Fund, Western Action Mining Network.
Deadly Deception (Engano Mortal), EUA, 1991, 29 min, Direção: Debra Chasnoff. Contato: www.groundspark.org
Der Uranberg (A Montanha de Urânio), Alemanha, 2010, 89 min, Direção: Dror Zahavi. Contact: www.saxonia-media.de
Yellow Cake. The Dirt Behind Uranium (Yellow Cake. A mentira da energia limpa), Alemanha, 2010, 108 min, Director. Joachim Tschirner, www.umweltfilm.de
Hibakusha, Our Life to Live (Hibakusha, Nossa Vida para Viver), EUA, 2010, Tempo, 87 min, David Rothaus, contato: Memória Productions. www.memoryproductions.org
Der zehnte Castor Transport nach Gorleben (Castor Não), Alemanha, 2007, 43 min, Direção: Sylvain Darou, entre em contato: cinerebelde@cinerebelde.org
La guerre radioactive secrete/Invisible War (Guerra Invisível), França, 2000, 64 min, Direção: Martin Meissonnier. Contato: www.campagnepremiere.fr/uranium.html
The Radiating Future of Brazil (O futuro irradiante do Brasil - A exploração de urânio em Caetité), Germany, 2011, 43 min, Director Ralph Weihermann & Susanne Friess, www.kigali-films.de .
Uranium Thirst (A Sede do Urânio por Água), Brasil/Alemanha, 2010, 27 min, Diretores e Produtores: Norbert G. Suchanek & Marcia Gomes de Oliveira.
A Fala do Cacique , Brasil, 2008/11, 20 min, Diretores e Produtores: Norbert G. Suchanek & Marcia G. Oliveira.

6. Reflexos e experiências da mineração de Urânio em Caetité, na Bahia: bases para uma análise comparativa dessa atividade em Santa Quitéria no Ceará.

As repercussões da atividade mineira de Santa Quitéria, em caráter de planejamento, adquire significados menos abstrativo e mais palpável a partir da comparação com Caetité, tendo em vista, as similaridades da configuração espacial, sobretudo, no aspecto limitante da disponibilidade hídrica já que as áreas estão localizadas no semi árido do NEB. Além disso, podem ser considerados os mesmos agentes executores, a mesma finalidade e praticamente o mesmo modo de viver das populações humanas envolvidas ressaltando-se a dependência da terra.

6.1. Localização, características geoambientais e da mineração

O município de Caetité localiza-se ao sul do estado da Bahia, conforme a figura 32 e há muito é estudado e noticiado por congregar a única reserva geológica de urânio em exploração do Brasil compondo a unidade de concentrado de urânio – URA.

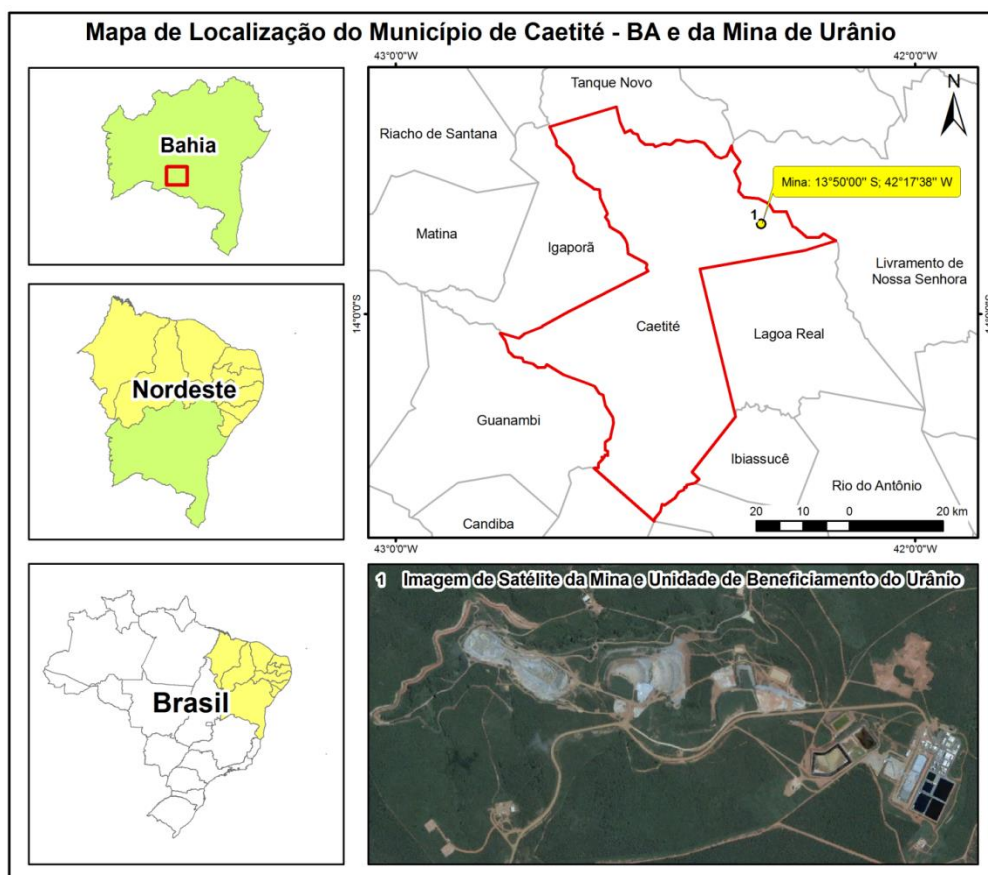


Figura 32: Mapa de Localização do Município de Caetité, Bahia e da mina de urânio.
Fonte: Autor.

Conforme a estatal INB, (2012) essa é uma das mais importantes províncias uraníferas brasileiras com reservas estimadas em 100.000 toneladas exclusivamente de minério de urânio, com capacidade produtiva de 400 toneladas de urânio por ano.

As anomalias radiológicas dessa área foram descobertas em 1977 por técnicos da NUCLEBRÁS e do DPNM. Em 1999 foi dado início à lavra e ao funcionamento da URA que beneficia o minério até a etapa do *Yellow Cake* (Ver figura 31) encontrando-se em atividade até o momento. A área também é conhecida como distrito uranífero de Lagoa Real. A jazida está localizada na porção sul do Cráton São Francisco, a leste da Serra do Espinhaço, tem cerca de 80 km de comprimento e largura variável entre 30 e 50 km. (Figura 33)



Figura 33.1: Entrada da URA - BA



Figura 33.2: Visão parcial da região. Detalhe para a cor "acinzentada" na vegetação evidenciando a poeira depositada sobre a superfície.



Figura 33.3: Uma das cavas da mina, a céu aberto.

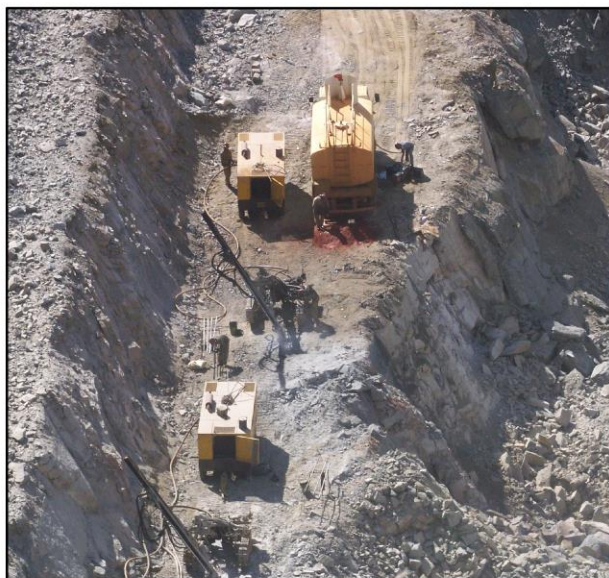


Figura 33.4: Detalhe da mina.



Figura 33.5: Área de processamento do urânio.



Figura 33.6: Amostra do Urânio beneficiado (refinado) denominado de Yellow Cake ou Diuranato de Amônia, pronto para ser embarcado e seguir para o enriquecimento.

Figura 33: Unidade de Concentrado de Urânio - URA, Caetité, Bahia.
Fotografias disponibilizadas pelo NUCLEOTRAMAS/UFC

O embasamento arqueano granito-gnáissico e migmatítico (Complexo Lagoa Real) é intrudido por vários corpos graníticos porfiríticos, conhecidos como granito São Timóteo, datado em 1,74 Ga. Os gnaisses do Complexo Lagoa Real e o granito São Timóteo são afetados por zonas de cisalhamento regionais, ao longo das quais se localiza uma série de corpos de albitos lenticulares que hospedam as mineralizações uraníferas. Esses depósitos são monometálicos com a uraninita ocorrendo como principal mineral econômico. (CPRM/CNEN, 2003).

A técnica de extração do urânio depende do minério a que se encontra associado para definir o processo com a melhor relação custo-benefício. O minério de urânio é normalmente moído para facilitar o “ataque” por agentes químicos. O urânio é então lixiviado com ácido para ser separado do minério. A solução obtida, denominada licor de urânio, é depois purificada por métodos químicos até obter concentrado de U_3O_8 , um pó de cor amarela, conhecido por *yellow cake* (GREENPEACE, 2008).

Informações da INB, (2012) referente a URA-Caetité afirmam que o “processo de beneficiamento do minério de urânio é o de lixiviação em pilhas (estática). Depois de britado, o minério é disposto em pilhas e irrigado com solução de ácido sulfúrico para a retirada do urânio nele contido”. Esse processo é apresentado esquematicamente na figura a seguir. (Figura 34)

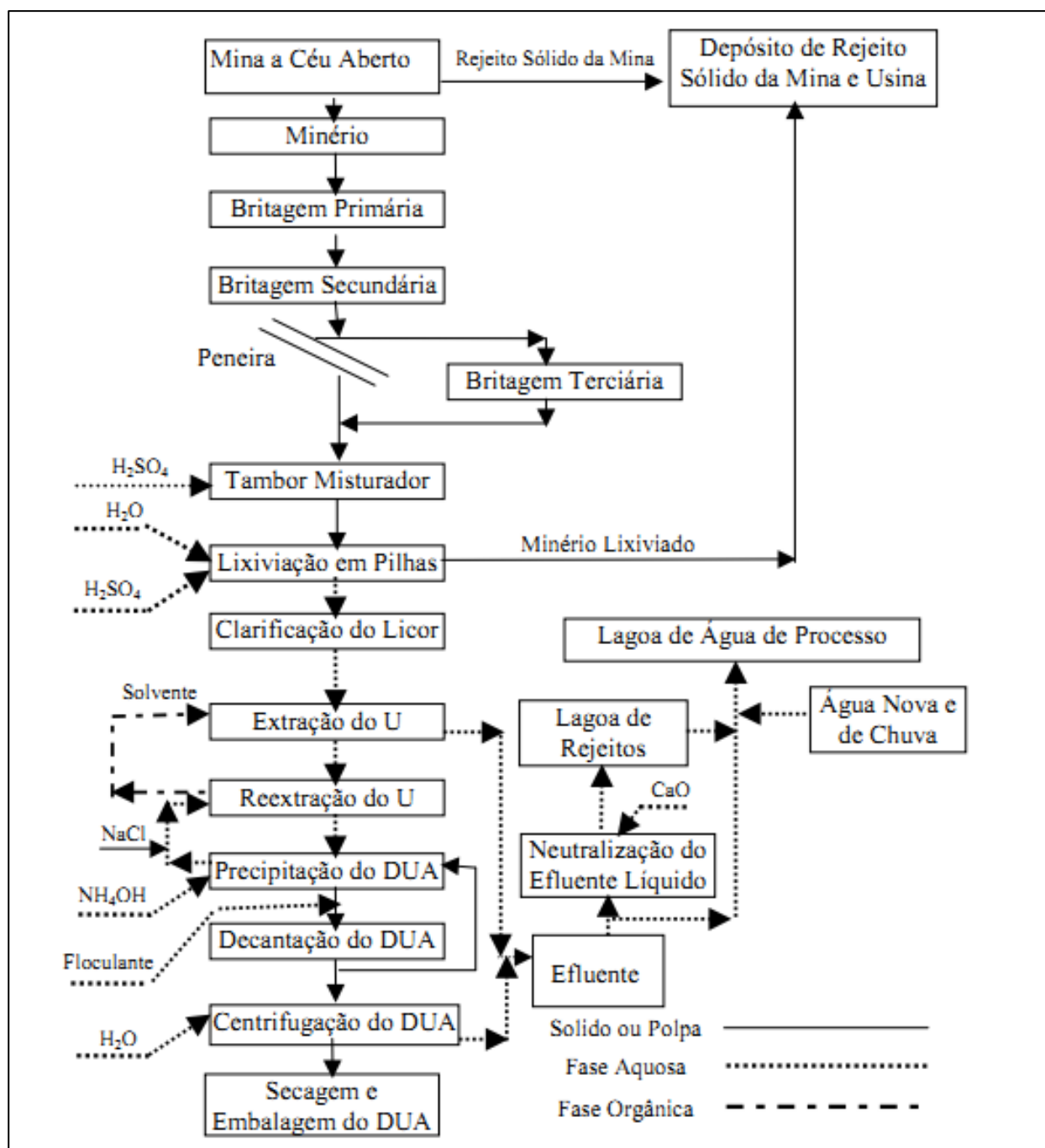


Figura 34: processo de beneficiamento do minério de Urânio.
 Fonte: Araújo, (2005, p. 39).

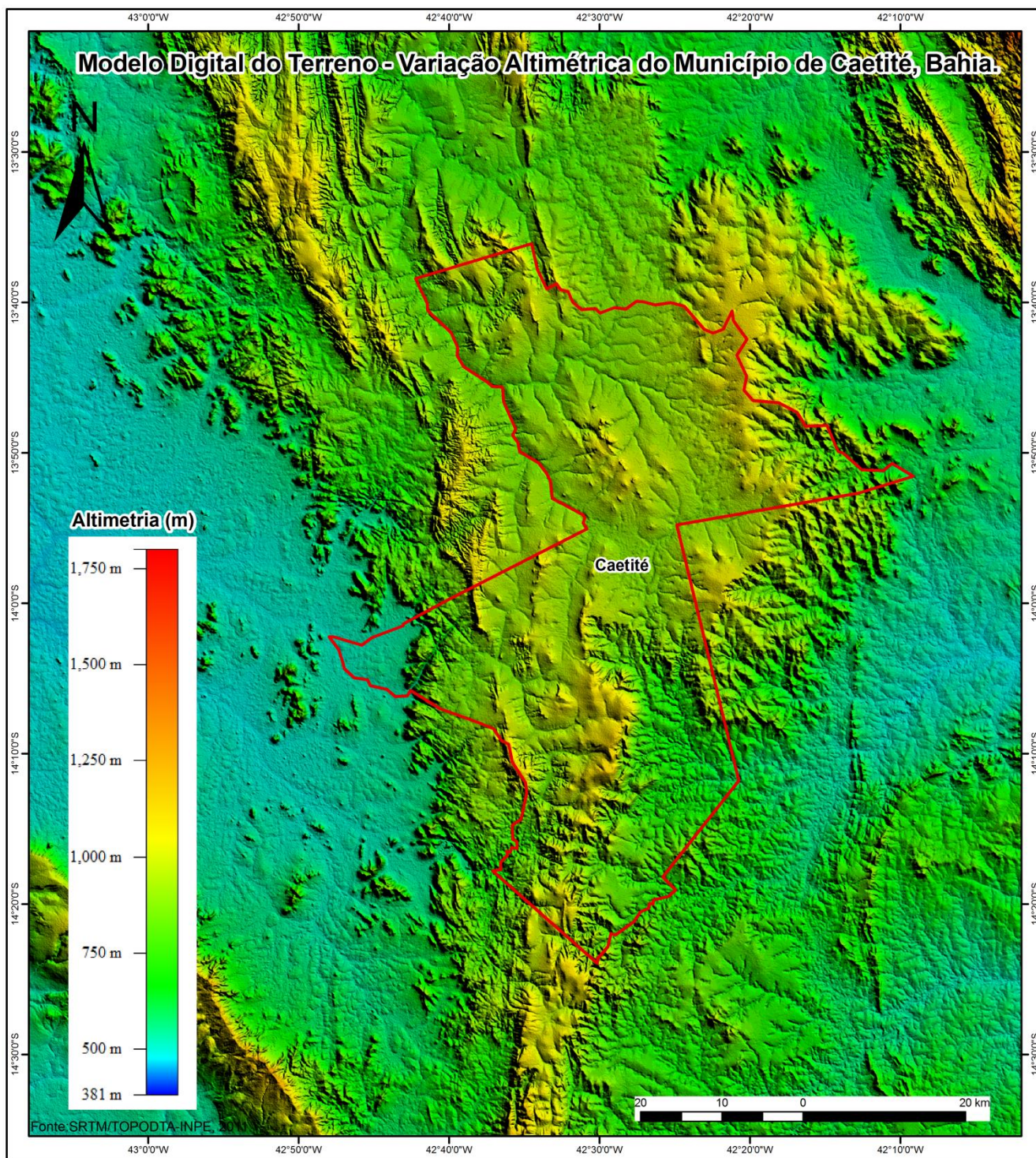
De acordo com a FUNCEME, (1993) a área baiana em estudo compreende as grandes unidades geossistêmicas da chapada diamantina e planalto baiano que correspondem as unidades da paisagem (EMBRAPA 2000) da Chapada Diamantina com piemontes dos altos maciços centrais e relevos associados, além de superfícies retrabalhadas no extremo sudoeste de Caetité. Analogamente às unidades geomorfológicas (IBGE 1985 *apud* FUNCEME *op cit*) da Serra do Espinhaço e superfície Conquista-Maracás.

Lamego *et al*, (2003) caracteriza o relevo como: plano, ocupando a porção topográfica mais elevada da área, com litologias graníticas e álcali-gnáissicas e cobertura detrítica-residual com zonas restritas de afloramentos rochosos com drenagem incipiente prevalecendo a infiltração; nas menores altitudes estão as baixadas aluvionares que ocupam as calhas dos vales e planícies de inundação das principais drenagens da região e são preenchidas por sedimentos alúvio-coluvionares, de composição areno-argilosa de granulometria fina a média; na porção topográfica intermediária entre os topos planos e as baixadas encontram-se as encostas com declividade variável entre 10 a 20%, apresentando vertentes desenvolvidas sobre rochas do tipo granítico e gnáissico. “Essa unidade é recoberta na maior parte por solos residuais e/ou transportados de composição areno-argilosa a silto-argilosa. As vertentes exibem morfologia do tipo retilínea suave, convexa e raramente côncava. Em função da concentração do escoamento pluvial apresentam, localmente, formas de erosão associadas a sulcos e ravinas.” p. 08. A altitude varia de 600 a 1.100m (Mapa 15. Pág. 158)

O clima é semi árido e subúmido seco, com médias pluviométricas em torno de 800mm concentradas entre outubro e abril, caracterizando-se no geral como em Santa Quitéria. A vegetação predominante é a caatinga, sendo que nos pontos mais elevados ocorre cerrado denso, de natureza semi-agreste e com porte médio. Os principais gêneros agrícolas da região são abacaxi, cana-de-açúcar, feijão, mamona, mandioca e sorgo, além de culturas permanentes, como banana, caqui, laranja e manga. O regime dos corpos hídricos é temporário, de acordo com o período chuvoso, drenando no sentidos N-W-SW para a bacia do o rio São Francisco e na direção E-SE para a bacia do rio das Contas.(Mapa 15. Pág. 158) (ARAÚJO, 2005; OLIVEIRA, 2008; SEI, 2012).

A rede de drenagem da região de Caetité e Lagoa Real é constituída por duas subbacias, uma com uma vertente na borda Oeste, onde os riachos correm na direção NE-SW e em seguida deságuam em outro maior que corre para Sul,

bordejando a sede do município de Caetité. A outra sub-bacia com uma vertente para Leste, cujos riachos drenam a área mineralizada, após sofrer uma inflexão na direção NW-SE, deságuam em um rio maior nas proximidades da sede do município de Lagoa Real que deságua no rio São João. (INGÁ-BA, 2010).



Mapa 15: Modelo Digital do Terreno – MDT, com a variação altimétrica de Caetité e região circunjacente.
Fonte: Autor.

6.2. Problemas Ambientais¹⁸: denúncias e constatações

Pouco mais de uma década de atividades em Caetité avolumam-se experiências acerca da problemática da mineração uranífera através de denúncias, discussões, constatações e refutações.

O consenso gira em torno da importância da água (H₂O) como principal recurso natural e fonte prioritária de contaminação e dispersão da radioatividade no meio ambiente e conseqüentemente nas diversas cadeias e atividades em que ela participa, como na constituição biológica, na dessedentação animal (pecuária), no consumo humano, no lazer, na agricultura, nos processos produtivos entre outros.

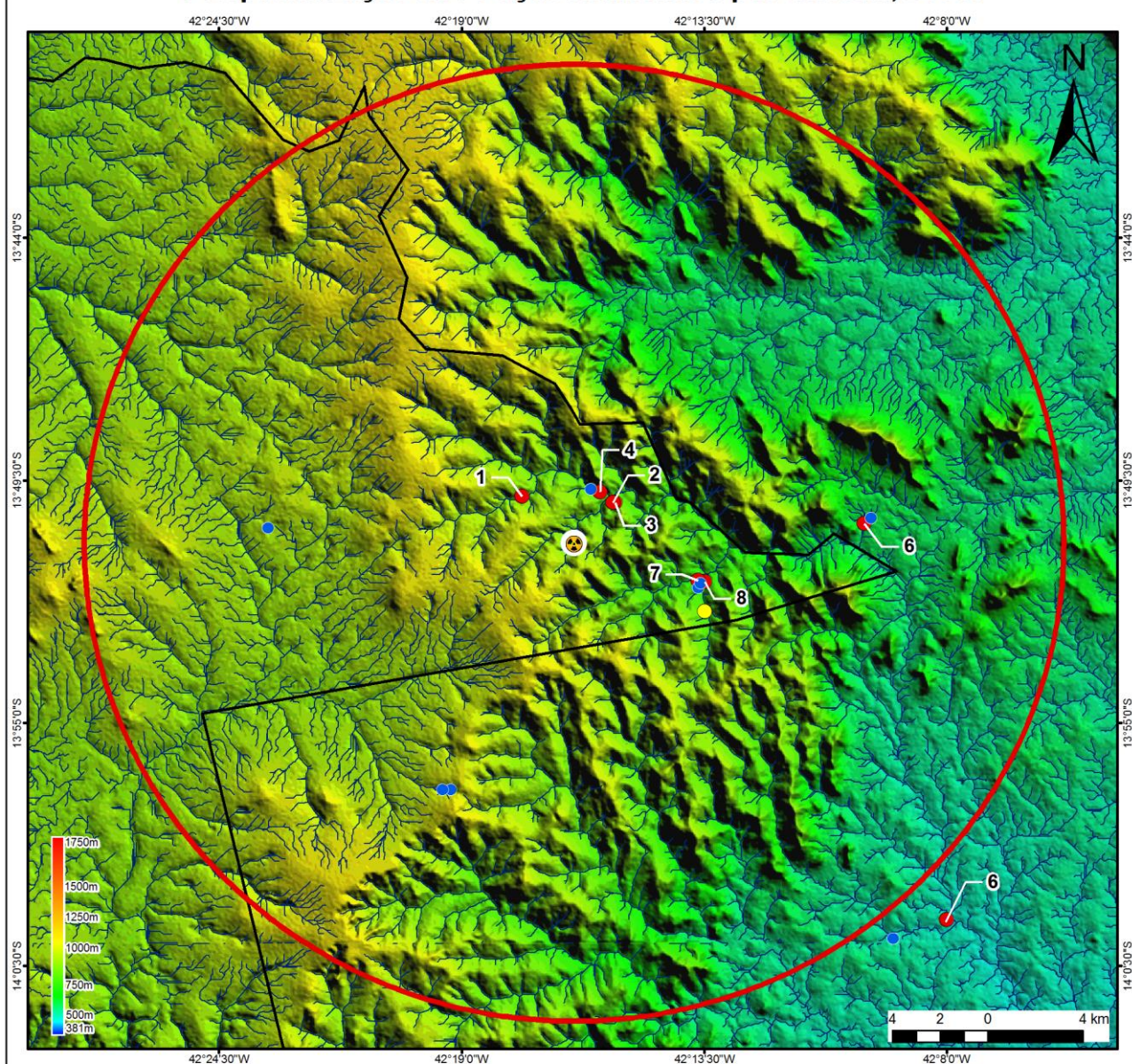
Nesse sentido Oliveira, (2005) avaliou os recursos hídricos na região baiana em estudo (MAPA 16. Pág. 160) para verificar a qualidade dessa água e a possível contaminação da mesma por elementos radioativos. A metodologia do trabalho citado compensou a escassez hídrica superficial coletando amostras de sedimentos das correntes escolhidas. Já para as águas subterrâneas as coletas foram realizadas em poços. Totalizaram-se 74 amostras.

Oliveira *op cit* encontrou oito poços de água subterrânea “ditos como poluídos por poluente radioativo (urânio)” sendo o risco de contaminação “definido pela probabilidade de contaminação dos poços alcançarem teores acima dos padrões de qualidade recomendados para o consumo humano (0,02 mg/l, próxima a 20ppbU)”. De forma que “a conversão do risco numa séria ameaça de contaminação dependerá da mobilidade do urânio a partir de soluções, formando normalmente uranila¹⁹”.

¹⁸ No entendimento de LEFF, 2009 “o conceito de ambiente gera uma corrente que vai se entrelaçando nas tramas da sustentabilidade e nas artimanhas do discurso do desenvolvimento sustentável (...) problematizando o avanço das ciências e da interdisciplinaridade, para penetrar com sua visão crítica no campo das etnociências, do habitat, da população, do corpo, da tecnologia, da saúde e da vida. Colocando à prova seu sentido questionador, transformador e recreativo nos domínios do saber”. p. 12.

¹⁹ Cátion divalente que ocorre em vários sais de urano (UO₂), formado por um átomo de urânio e três de oxigênio. Fonte: <http://aulete.uol.com.br>.

Mapa da Área de Influência Direta da Mineração em Caetité - BA e Especialização dos Poços Analisados por Oliveira, 2005.



Poços	Denominação	Teor de Urânio em ppb
1	Mina Cachoeira	29,89
2	Mina Cachoeira	158,79
3	Mina Cachoeira	41,39
4	Mina Cachoeira	42,11
5	Faz. Muquila	21,03
6	Pov. São Timóteo	98,48
7	Faz. Juazeiro	566,85
8	Faz. Juazeiro	105,93

Legenda	
	Influência da mina = 20 km
	Município Caetité - BA
	Poços
	Coletas INGÁ-BA
	Comunidade Juazeirinho
	Complexo Mineiro
	Recursos Hídricos

Fonte de Dados: IBGE, 2009; SRTM/TOPODATA/INPE, 2011; Oliveira, 2005. Elaborado por: GONÇALVES JÚNIOR, 2012.

Mapa 16: mapa apresentando os 20 km da área de influência direta da mineração com os poços trabalhados por Oliveira, (2005). Destaque para os divisores de água e para a drenagem.

Fonte: Autor

O autor apresentou as seguintes conclusões:

- *Foram destacados oito poços de água subterrânea classificados como poluídos. Em quatro deles, fora de área de influência das mineralizações uraníferas, concentrações naturalmente elevadas desse mineral radioativo foram detectadas impondo restrições ao aproveitamento dessas águas para o abastecimento da região;*
- *Foram realizadas análises físico-químicas em 32 poços de água subterrânea com vistas ao estudo da potabilidade e uso para irrigação, em 25 poços a água pode ser usada com reservas e em seis deles não deve ser utilizada com essas finalidades. Em apenas um poço a água é potável e adequada para irrigação;*
- *Tratando-se de uma zona rural deve-se estudar amostras de solos, considerando que alguns deles podem estar sendo regados com água contaminada;*
- *A dependência exclusiva da população local e da mineradora INB quanto ao aporte de água subterrânea conduz possíveis conflitos de uso, que poderá levar insustentabilidade do recurso hídrico principalmente no caso de contaminação do lençol freático;*
- *Apesar da situação atual da relação produção/demanda da água da mineradora ser considerada satisfatória, tal condição pode ser revertida considerando que vários poços da região estão se exaurindo;*
- *O urânio, por ser uma substância radioativa e letal, apesar dos avanços tecnológicos, os riscos de contaminação são sempre elevados, sendo assim, são indispensáveis constantes monitoramentos ambiental e humano.*

Nesse contexto, e com objetivos semelhantes pode ser elencado o estudo da ONG Greenpeace, (2008) que utilizou as mesmas áreas justificando que “a escolha dos locais de coleta das amostras foi oportunista, mas baseada na distância e na relação geográfica com a mina. O critério de escolha também foi influenciado por pesquisas já realizadas na área e pelo conhecimento de eventos prévios de enchentes e transbordamentos”. p. 15.

Segundo o relatório da ONG:

“As amostras foram enviadas ao Reino Unido e analisadas por um laboratório independente e credenciado, contratado pelo Laboratório de Pesquisa do Greenpeace da Universidade de Exeter, Reino Unido, utilizando análise gama-espectrométrica e ICP-MS. Os alvos da análise eram isótopos de urânio, tório e chumbo, já que estes eram tidos como os mais propensos à mais ampla mobilização ambiental decorrente de atividades de mineração de urânio.” p. 36.

Foram encontrados na localidade de Juazeirinho (Mapa 16. Pág. 160) em dois poços de abastecimento para consumo humano concentrações de urânio “superior ao limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde (OMS), de 0,015 miligramas por litro”.p. 37.

No entanto as conclusões do Greenpeace são comedidas e apontam que:

- *Considerando seu escopo limitado, a pesquisa não responde totalmente se a operação de mineração de urânio causa contaminação ambiental no entorno da mina de Caetité. A natureza uranífera dos minerais que ocorrem na área pode significar que a contaminação é resultado de uma mobilização natural dos radionuclídeos naturais;*
- *Mesmo que os resultados dessa análise limitada não permitam conclusões precisas sobre o potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas pelas atividades da INB, eles indicam um significativo potencial de exposição da população local a níveis elevados de radionuclídeos;*
- *Por conta desse potencial de exposição, é imperativo e urgente que um protocolo holístico de monitoramento de impactos ambientais e na saúde humana seja elaborado e implementado o mais rápido possível, a fim de elucidar os riscos radiológicos decorrentes da operação de mineração do urânio.*

As repercussões dessa publicação em 2008 induziram, o Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGA-BA, a realizar o monitoramento dessa região para comprovação dos fatos. Novas coletas foram realizadas nos municípios de Caetité, Lagoa Real e Livramento de Nossa Senhora, (Mapa 16, parte de Localização. Pág. 160) entre os anos de 2008 e 2009, confirmando a contaminação dos poços de Juazeirinho (Juazeiro), inclusive a água de uma torneira pública (chafariz). O estudo coletou o total de 27 amostras, apresentou oito locais contaminados com radiações provenientes, principalmente, do rádio-228 (Mapa 16), mas afirmou que dessas apenas quatro possuem níveis preocupantes. Afirmou ainda que:

A região apresenta naturalmente teor elevado de urânio, visto que nesta área estão presentes reservas consideráveis do radionuclídeo, bem como dos minerais associados, tal como o tório. Estas elevadas concentrações de elementos radioativos nas matrizes rocha e solo proporcionam, quando na presença de água, solubilização destes e, portanto sua disponibilização. Medidas que possam diminuir o consumo de água com doses elevadas destes elementos deverão ser tomadas como paliativos a precaução de contaminação da população residente que naturalmente recebem radiações na região. Outro fator importante a considerar é que o urânio, presente na região de Caetité,

pode contribuir com toxicidade química e toxicidade radioativa para a população da região e por esta razão deva ser monitorado sistematicamente. (INGÁ-BA, 2010. p. 43).

Evidencia-se, portanto, a contaminação dos recursos hídricos pela radioatividade tanto do urânio quanto dos elementos provenientes de seu decaimento seja de forma natural ou induzida pela prática da mineração e do beneficiamento do urânio. A unanimidade dos fatos fica por conta da real exposição da população e demais seres vivos a elevadas taxas de radiação comprometendo, assim, a saúde e o bem estar desse povo. Nessa discussão deve-se destacar o pouco tempo de experiência brasileira, nessa atividade, se comparado a outras regiões mundiais que hoje sofrem com graves danos ambientais, físicos e psíquicos decorrentes da mineração radioativa.

Além do mais, no sertão nordestino e conseqüentemente de Santa Quitéria, a regra é a escassez hídrica e, portanto, a valoração da água como um bem que responde não apenas pela vida presente, mas pela esperança da continuidade do modo de viver sertanejo arraigado de telurismo e costumes. Logo, muito deve ser pensado a cerca da implantação de atividades que ameaçam a qualidade dos já escassos recursos hídricos. Nesse contexto, aponta-se também para o paradoxo que repercute na quantidade, ou seja, como desenvolver uma atividade que demanda por altos volumes de água em uma região seca.

Na região de Caetité as análises que confirmaram a contaminação das águas se concentram em áreas topograficamente mais rebaixadas que recebem, no contexto da subbacia hidrográfica, as águas que escoam da região da mina e da usina de beneficiamento do urânio. Nota-se, portanto, uma estreita relação da direção da drenagem superficial com a contaminação, além disso, percebe-se a influência das barreiras topográficas (relevo) como elementos que influenciam nessa disposição (mapa 15. Pág. 158).

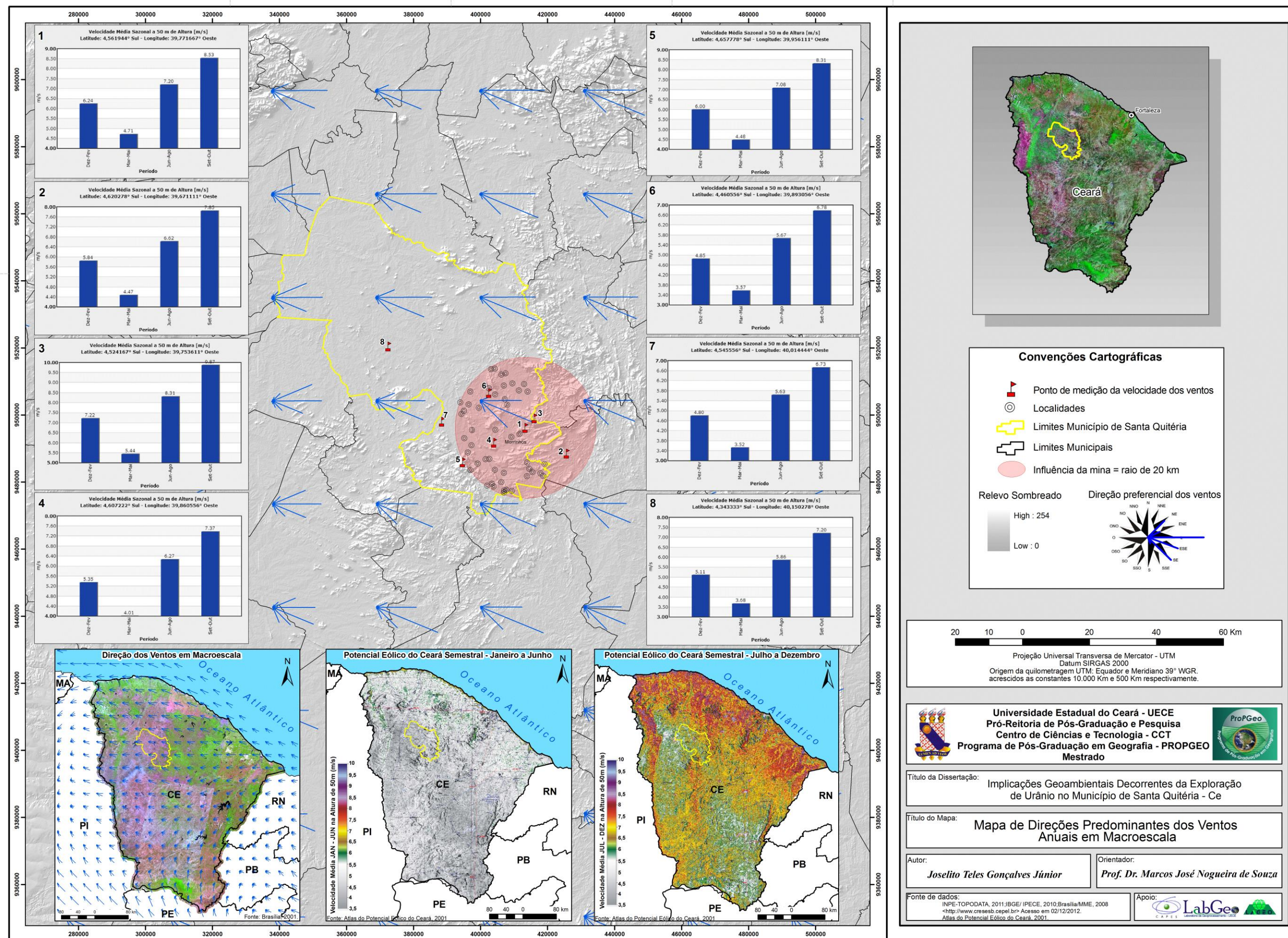
Dessa forma, na região uranífera de Itataia, deve-se concentrar as atenções com planejamento e monitoramento mais intensivos, na região sudeste do município de Santa Quitéria, tendo em vista, a conformação do relevo e a disposição do escoamento superficial conforme os mapas hipsométrico (Mapa 5. Pág. 72), geomorfológico (Mapa 4. Pág. 70) de subbacias (Mapa 9. Pág. 98) e de drenagem superficial (Mapa 7. Pág. 92) que mostram a elevação altimétrica da área circunjacente às instalações da mina devido aos planaltos residuais e a concentração das drenagens no sentido das subbacias 10 e 14.

Entre as características centrais das áreas de mineração aborda-se ainda o vento como dispersor da poluição atmosférica gerada localmente comprometendo, sobretudo, a qualidade do ar de regiões próximas. Segundo Greenpeace, (2008) o EIA/RIMA de Caetité em 1997 já chamava atenção para o fato da:

“alteração da qualidade do ar, devido às emissões atmosféricas durante a operação do empreendimento decorrente da movimentação dos solos e do desmonte de rochas na lavra, na britagem e rebritagem do minério, gerando quantidade significativa de material particulado além da emanção de gás radônio. Segundo o Rima, esses contaminantes podem ser transportados pelos ventos atingindo o meio ambiente, e, conseqüentemente, o homem” p. 16.

De acordo com INGÁ, (2010) na região de Caetité, a velocidade média anual dos ventos é uma das maiores do estado baiano, atingindo valores superiores a 8 m/s, com direção predominante W-E, secundariamente SW-NE e NW-SE na direção do município de Lagoa Real, sendo assim, considerada a área mais susceptível de ser afetada por contaminações naturais ou decorrentes da atividade minero industrial.

Em Santa Quitéria a predominância dos ventos é no sentido E-W, secundariamente ESE-WNE e SE-NW concentrando as maiores velocidades no segundo semestre de acordo com o mapa de direção de ventos (Mapa 17. Pág. 165). Tendo em vista as direções prioritárias dos ventos presume-se que o material particulado no ar mova-se em direção ao interior de Santa Quitéria. Considera-se ainda a configuração do relevo, que abriga a área da mina em uma espécie de anfiteatro, recebendo influências mais direta a partir dos setores circunjacentes mais rebaixados que funcionam como corredores de ventos e entrada de ar.



Mapa 17

O funcionamento da usina de beneficiamento do urânio em Caetité tem sido contestado pela sociedade civil e pelo Ministério Público devida irregularidades e a uma sucessão de denúncias referente a acidentes envolvendo a dispersão do licor de urânio para o meio ambiente.

A URA-Caetité foi ativada em 2000, sem a Licença de Operação do IBAMA. Tinha apenas a licença de localização, concedida pelo Conselho Estadual de Proteção ao Meio Ambiente – CEPRAM, estabelecendo 37 condicionantes, cujo descumprimento, em especial da 2.12 (exigência de monitoramento da saúde dos trabalhadores e da população do entorno da URA) e da 2.8 (exames hidrogeológicos), desafia os órgãos de fiscalização e controle, revoltando a população. (VILLASBOAS, 2006. P. 94)

A Plataforma Brasileira de Direitos Humanos Econômicos, Sociais, Culturais e Ambientais – Dhesca, publicou em agosto de 2011 o “Relatório da Missão Caetité: Violações de Direitos Humanos no Ciclo do Nuclear” dando ciência dos problemas ligados à mineração uranífera em Caetité, dentre os quais estão listados no quadro 7, referentes à parte operacional.

Quadro 7: Principais denúncias de acidentes na mina e unidade de beneficiamento de urânio de Caetité – BA.

Período	Natureza	Impacto	Consequências
Abril/2000	Vazamento de 5.000 m ³ de licor de urânio, denunciado 6 meses depois e só desmistificado 3 anos depois	“Insignificativos”	CRA aplica a multa máxima; Ministério Público Estadual instala ação civil pública; Atividades suspensas de novembro/00 a julho/01; ONGs sócio-ambientais pedem ao Ministério Público Federal auditoria ampla, independente e multidisciplinar.
Abril/2002	Vazamento na área 170, mantido em segredo.	Possível contaminação do lençol freático.	Ministério Público Federal aciona o MPE, que ouve os denunciantes.
Jun/2002	96 toneladas de concentrado de urânio ficaram armazenadas no Porto de Salvador, sem autorização de nenhum órgão ambiental.	Fato repercute na imprensa e desperta a sociedade. Ministério Público Federal acompanha o episódio;	3ª Promotoria de Meio Ambiente do Ministério Público da Bahia instala inquérito civil
Jan./2004	Navio que trazia urânio enriquecido no Canadá para Rezende (RJ), fica retido 5 dias no Porto de Salvador, onde embarcou 170 toneladas de urânio oriundas de Caetité	Situação intranquiliza portuários e população.	Ministério Público Federal instalado inquérito e aciona o IBAMA-SSA a agir a fim de evitar riscos aos portuários, à Baía de Todos os Santos e à população.
	A bacia de barramento	Mortandade de peixes	Autuação e multa pelo

Jan a Jun/2004	de “finos” transborda mais de 7 vezes liberando líquido com concentração de urânio-238, tório-232 e rádio-226 para o meio ambiente.	nas lagoas de Maniaçu (local da mina), Vargem Grande e Covas.	IBAMA-SSA devido ao não cumprimento das Condicionantes referentes ao monitoramento da saúde dos trabalhadores e da população e falta de exames hidrogeológicos; Ministério Público Estadual instala inquérito civil; CODE-VASF coleta material para análise.
Set/2004	Navio, com urânio enriquecido, que ia para Rezende (RJ), entra na Baía de Todos os Santos para pegar 250t de urânio de Caetité).	Situação intranquiliza portuários e população.	IBAMA-SSA multa a INB em R\$ 1 milhão; A DILIC/IBAMA proíbe a “operação casada” no transporte de urânio pela Baía de Todos os Santos;
1º sem/2006	Rompimento em uma das mantas da bacia de licor uranífero, com paralisação por cerca de 60 dias.	Redução da produção.	Apesar da falta de equipamentos de radioproteção e pendências de engenharia a CNEN renova a Autorização de Operação Inicial – AOI.
Jun/2008	Denúncias de vazamentos dos tanques de lixiviação.	Probabilidade de infiltração no solo.	Recomendação de Auditoria independente pelo MPF.
Out/2009	Vazamento na URA de cerca de 30mil litros de licor de urânio e transbordamento de material radioativo.	Probabilidade de infiltração no solo e exposição à radioatividade.	A INB lançou nota pública afirmando que havia ocorrido apenas um vazamento de solvente orgânico (querosene) e que não tinha atingido o meio ambiente.
Maio/2010	Rompimento na tubulação da área de extração e beneficiamento e vazamento de 900 litros de licor de urânio.	Contaminação dos solos.	Inspeção da AIEA-COSAP-CNEN, afirmando ocorrerem problemas de diversas natureza “tornando a inspeção inconclusiva”

Fonte: DHESCA, 2011/ VILLASBOAS, 2006.

Existem muitas discussões sobre esses fatos, tendo em vista, o não esclarecimento ou reconhecimento de alguns desses acidentes pelos órgãos competentes. Para Villasboas, *op cit*, p. 95 “mais de uma dezena de ‘eventos nucleares usuais – ENU’ e várias paralisações, desnudam os desafios técnicos e administrativos que a INB vem enfrentando para operar com segurança e lucratividade. Mais que isto, alimentam as dúvidas quanto à competência científica da empresa para lidar com produto tão perigoso”. Vale salientar que as empresas responsáveis pela atividade são instituições públicas que gozam de autonomia e representam o interesse coletivo da nação não podendo ser levadas ao descrédito. No entanto, estão cercadas de

informações denominadas de estratégicas, logo, não esclarecidas, que levam a desconfianças, de uma parte da comunidade leiga e científica acerca do assunto.

O esclarecimento e/ou a comprovação dos impactos gerados, atualmente, são dificultados devido não existir estudos anteriores à implantação da mina que sirvam de base para comparações. As autoridades de saúde de Caetité apontam essa dificuldade para afirmar sobre o aumento dos índices de cânceres na região. Apesar de constatações e contestações.

As pessoas que vivem na área de influência da Unidade de Concentrado de Urânio de Caetité não correm um risco maior de desenvolver câncer em decorrência da radioatividade. Esta é a conclusão do relatório preliminar de um estudo que está sendo realizado pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) para investigar possíveis impactos sobre a saúde, decorrentes da extração e beneficiamento do urânio natural, para a população de Caetité e Lagoa Real. (REVISTA BRASIL NUCLEAR, 2012)

Segundo Firpo e Finamore (REDE BRASIL ATUAL, 2012) Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador da Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca (ENSP), subordinada à Fundação Oswaldo Cruz, “a exposição a níveis elevados de radioatividade e as condições inadequadas de trabalho na mina de urânio de Caetité, na Bahia, oferecem riscos à saúde dos trabalhadores e da população que habita o entorno”.

Do quadro observado, as ameaças à saúde dos trabalhadores e da população local nos pareceram as mais graves e urgentes. A experiência internacional em países nos quais se minerou urânio é farta em exemplos de duradoura e grave contaminação de solo, água, ar e de uma significativa incidência de cânceres e outras sérias enfermidades decorrentes do contato com substâncias radioativas entre os trabalhadores e moradores vizinhos. (RELATÓRIO DHESCA, 2011. p. 67)

Além dos problemas físicos palpáveis em discussão, existe no campo teórico-ideológico pensamentos convergentes e divergentes acerca do urânio, da radioatividade, dos radionuclídeos, da energia nuclear, entre tantos outros, que estão interligados correta ou incorretamente nessa teia de relações e reações que, por sí, já causa um impacto adverso no cotidiano pacato e contente do sertanejo. Isso foi verificado através do relato de um habitante, do entorno da mina de Caetité²⁰, o Sr. Florisvaldo Cardoso.

²⁰ Depoimento pessoal verbal colhido na ocasião da 1ª Jornada Anti-Nuclear do Ceará, em agosto de 2012.

Segundo ele, os terrenos da região se desvalorizaram, os produtos da agricultura são rejeitados pelo mercado consumidor, sobretudo, de feiras livres devido vir de uma área com radioatividade, as casas têm sua estrutura comprometida por rachaduras devido às explosões; “A terra acabou o valor por que ninguém quer...é uma coisa muito dolorosa” (Figuras 35).



Figura 35.1: I jornada anti-nuclear do Ceará, repasse de experiências, constatações e frustrações de habitantes e pessoas envolvidas com a luta da mineração uranífera em Caetité, Bahia



Figura 35.2: População Caetitense expondo a problemática da área.



Figuras 35.3: rachaduras provenientes dos impactos de explosões da mina e demais atividade que geram vibração. (informações passadas pelo habitantes locais de Caetité, Ba)



Figura 35.4: Poeira liberada no ato da mineração na mina de Caetité, BA.

Figura 35: Impactos ambientais, patrimoniais e humanos no entorno da mina em Caetité, BA. Fotografias disponibilizadas pelo NUCLEOTRAMAS/UFC

De acordo com Villaboas (2006) “passada a fase de otimismo e confiança no futuro promissor, que caracterizou a chegada da empresa na região e os primeiros quatro anos de funcionamento, a partir de 2004 erros operacionais e trabalhistas trouxeram uma avalanche de questionamentos, desconfianças e frustrações”. p. 94.

O prefeito de Caetité em entrevista à relatoria DHESCA, (2011) relatou que:

Não trabalha com base na “desconfiança” com a empresa e que tem buscado que a INB ofereça uma “contrapartida social”, em parcerias com a prefeitura. E apresentou exemplos desta parceria município-empresa: “fornecimento de água para o distrito de Maniaçu, asfaltamento de trechos da estrada onde levanta muita poeira, construção do posto do Programa de Saúde da Família em Juazeiro (“organizar a saúde é o mínimo que eles podem fazer”), reforma das casas de farinha de Maniaçu e Juazeiro, sistema de tratamento de água em Juazeiro, patrulhamento da região... Eles entram com o material, por exemplo, o asfalto e o cimento, e nós com a mão de obra. Acho pouco, eles poderiam colaborar muito mais.”p. 40.

Nesse contexto, não se trata de ser contra o desenvolvimento prometido, mas a favor de atividades coerentes que não só atendam aos anseios dos agentes envolvidos, mas seja adequado às potencialidades e às limitações do meio, além de priorizar valores que respeitem a rústica ética e o modo de vida do homem sertanejo.

7. Considerações Finais

Os resultados, análises e discussões elencados desde a introdução dimensionaram o município estudado e as repercussões da futura mineração e beneficiamento dos minérios de fosfato e urânio.

Santa Quitéria congrega questões imperiosas começando pela magnitude territorial que abrange 4.260 km² e pela configuração ambiental que por si já é restritiva devido à semi aridez, à degradação das terras evidenciada pelas ASDs, pelo tênue desenvolvimento socioeconômico, e num futuro próximo, pela exploração do minério radioativo. Tais questões evidenciam a carência e expõem a necessidade de planejamento, sobretudo, ambiental pela prerrogativa da integração dos elementos que constituem o meio ambiente e pela maneira que ele orienta o desenvolvimento à luz da sustentabilidade.

Nesse sentido a cartografia básica e temática apresentada, inicialmente, de maneira setORIZADA foi imprescindível tanto para a espacialização dos principais elementos que compõe o ambiente físico quanto pela análise dos mesmos evidenciadas a partir dos mapas: básico, carta imagem, litológico, modelo digital do terreno, geomorfológico, recursos hídricos superficiais, domínios hidrogeológicos, pedológico e de vegetação. A integração desses resultados e a junção com as características morfométricas através dos mapas de altitude e declividade possibilitaram a compreensão do modelado e dos processos que respondem pela dinâmica ambiental da região denotando, a partir da localização da mina, as principais possibilidades e vias de impactos ambientais terrestres desencadeadas pela mineração uranífera.

Além de componentes indispensáveis no processo de planejamento, buscou-se com o estudo desses temas, juntamente com o entendimento das consequências da exploração do urânio, verificar quais os elementos que mais interagem e se expõem aos problemas gerados pela atividade em foco. Constatou-se que os recursos hídricos estão na vanguarda tanto pela possibilidade de sua própria contaminação como pela capacidade de dispersão no meio, dada sua mobilidade e importância de uso. Dessa forma, foi rastreada sua abrangência em superfície pela delimitação das subbacias denotando que as áreas mais propícias aos impactos estão nas subbacias 10 e 14 que totalizam uma área de 1.411,5 km² correspondendo a 33,5% do território municipal. Nelas se concentram 76 comunidades, sendo o povoado de Morrinhos o mais próximos,

espacialmente. É mister reforçar que o principal reservatório de abastecimento hídrico encontra-se na subbacia 14, assim como boa parte de sua área de recarga. Nesse contexto, dada a grande extensão do município, as subbacias podem ser utilizadas ainda como regiões estratégicas de planejamento, destaque para a subbacia 13 do rio Jucurutu que abriga em seu alto-médio curso a maior concentração urbana de Santa Quitéria (a sede). Considerando os recursos hídricos subsuperficiais foi exposto o potencial subterrâneo de recarga e armazenamento, segundo as características do embasamento e cobertura superficial do terreno, através do mapa de domínios hidrogeológicos, além da direção preferencial dessas águas mostradas no mapa de direção de fluxo hídrico subsuperficial que fluem primeiramente nas direções dos níveis de base locais e após regional.

A segunda via de exposição direta é atribuída ao material particulado liberado no ato da mineração para a atmosfera. Assim também como pelo gás radônio proveniente do decaimento radioativo do urânio. Através do mapa de direção predominante dos ventos e potencial eólico é possível constatar que a região a oeste e noroeste da mina será afetada mais diretamente. Nesse contexto, é considerado ainda a disposição do relevo que abriga a área da mina influenciando na ocorrência dos corredores preferenciais de ventos. Pela análise integrada com os demais componentes, essa via de exposição aumenta sua abrangência espacial. Nesse mesmo mapa pode ser visualizado os 20 km de influência direta da mineração em questão, assim como as comunidades situadas nesse entorno.

Cabe salientar que o problema da mineração uranífera apresenta-se muito mais complexo do que o estereótipo veiculado pelo senso comum global e que o desenvolvimento pretendido vem com problemas de difíceis soluções tanto no campo teórico quanto prático. Isso pode repercutir na perda do bem estar social, que no sertão significa o próprio estilo de vida, além de danos à saúde física e psicológica se não justificados pela concretização de estudos epidemiológicos, mas evidenciados pelo contexto do risco e da dúvida levantados por tal atividade.

O trabalho apresentado não encerra o tema nem as discussões. Visa contribuir para estudos posteriores ligados não apenas à temática da mineração fosfato-uranífera, mas em todos os aspectos ambientais tratados tendo como base, principalmente, as questões concernentes à semi aridez e à melhoria da qualidade de vida dos habitantes do município de Santa Quitéria.

Referências

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 9ª Ed – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p.

AB'SABER, A. N. **Geografia e Planejamento**. Revista de História, São Paulo, v.39, n.80, p. 257-272, 1969 *In*: A obra de Aziz Nacib Ab'Saber. Org. Modenesi-Gauttieri; Bartorrelli *et al*. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. Versão digital-DVD. p. 1283.

_____. **O Domínio Morfoclimático Semiárido das Caatingas Brasileiras**. Geomorfologia, São Paulo, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, n. 43, 1974. *In*: A obra de Aziz Nacib Ab'Saber. Org. Modenesi-Gauttieri; Bartorrelli *et al*. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. Versão digital-DVD. p. 1517.

_____. **Os Sertões. A originalidade da terra**. Ciência Hoje. Rio de Janeiro, vol.3, n.18, mai/jun, 1985. *In*: A obra de Aziz Nacib Ab'Saber. Org. Modenesi-Gauttieri; Bartorrelli *et al*. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. Versão digital-DVD. p. 1969.

_____. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Estudos Avançados, São Paulo, 13 (36), 1999. p. 07-59,

_____. **No Domínio das Caatingas**. Caatingas, Sertão e Sertanejos. Rio de Janeiro: Livroarte Ed. Alumbramento. 1994/1995p. 37-46. *In*: A obra de Aziz Nacib Ab'Saber. Org. Modenesi-Gauttieri; Bartorrelli *et al*. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. Versão digital-DVD. p.2379.

_____. **Zoneamento ecológico e econômico da Amazônia: questões de escala e método**. Estudos Avançados, São Paulo, 1989. 3:4-20. *In*: A obra de Aziz Nacib Ab'Saber. Org. Modenesi-Gauttieri; Bartorrelli *et al*. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. Versão digital-DVD. p.2166.

_____. **Bases conceituais e papel do conhecimento na previsão de impactos**. *In*: Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. Org. Aziz Nacib Ab'Saber e Clarita Muller-Plantemberg – 2 ed. 1. Reimp. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

_____. **Notas sobre a Estrutura Geológica do Brasil.** Paideia, Sorocaba, v. 2, n. 41, p. 117-133, 1954. In: A obra de Aziz Nacib Ab'Saber. Org. Modenesi-Gauttieri; Bartorrelli *et al.* São Paulo: Beca-BALL edições, 2010. p.344.

_____. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida.** Estudos Avançados, São Paulo, 13 (36), p. 07-59,1999.

AFRÂNIO, F. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas.** 3ª Ed. Fortaleza: realce editora e indústria gráfica, 2006. 202p.

ALMEIDA E SOARES *et al* **Análisis y Evaluaciones de Impactos Ambientales.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008.

ALENCAR, F. A. G. **(Re)descobrimo o rural no Ceará.** In: José Bozarchiello da Silva. (Org.) Ceará: Um Novo Olhar Geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 417.

ARAÚJO, V. P. **Análise Crítica do Sistema de Gerenciamento de Rejeitos Provenientes de Mineração e Beneficiamento de Urânio – um Estudo de Caso da Unidade de Concentrado de Urânio/INB.** Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Radioproteção e Dosimetria do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Rio de Janeiro, 2005.

BAI, N. Scientific American Brasil. **Como a radiação pode ameaçar a saúde?** Disponível em: < http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/como_a_radiacao_pode_ameacar_a_saude_.html > Acesso em: 21 de novembro de 2012.

BAITELO, R *et al.* **Cortina de fumaça. As emissões de Gases Estufa e Outros Impactos da Energia Nuclear.** Associação Civil Greenpeace. Novembro de 2007. Disponível em: < <http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Documentos/cortina-de-fuma-a/> >. Acesso em: 25 Out. 2011.

BAHIA. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais – SEI . Disponível em: <http://www.sei.-ba.gov.br>. Acesso em: 29 de novembro de 2012.

_____. Instituto de Gestão das Águas e Clima – INGÁ; Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA. **Relatório técnico de avaliação dos resultados das análises de radioatividade em águas da região de Caetitê, Lagoa Real e Livramento de Nossa Senhora.** Agosto de 2010.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, segunda edição, 2004.

_____. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília, 2010. ISSN 0100 – 9303.

_____. **Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Águas**. Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=18#>> Acesso em: 17/03/2012.

_____. Ministério das Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015**. Brasília. 2006.

_____. Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. **Mapa de Domínios-Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil**. Atualizado em 21 Dez de 2011. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=756&sid=9> Acesso em: 06 Março de 2012.

_____. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. **Mapa Geológico do Estado do Ceará**. 2003

_____. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. **Itatira- SB.24-V-B-V, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Quixeramobim e Boa Viagem**./Afonso Rodrigues de Almeida, Clovis Vaz Parente, Michel Henry Arthaud - Ceará: UFC/CPRM, 2008.

_____. Ministério de Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**. A. Bizzi, C. Schobbenhaus, R. M. Vidotti e J. H. Gonçalves (eds.), Brasília, 2003. pgs 577.

_____. Ministério de Minas e Energia. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial. **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Diagnóstico do Município de Santa Quitéria**. Fortaleza, 1998.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, RJ. 2ed. 2004.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual Técnico de Pedologia**. Rio de Janeiro, RJ. 2ed. 2007.

_____. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação da Presidência da República. **Projeto ÁRIDAS: uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste**. Relatório do GTI – Recursos Naturais e Meio Ambiente. Brasília, 1995.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA). 2001. **Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. MMA/SDS, Brasília.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA), 1996. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR, Responsáveis Técnicos Dra. Bertha K. Becker e Dr. Cláudio A. G. Egler, Laboratório de Gestão do Território da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

_____. Ministério do Meio Ambiente (MMA) 2001, **Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. MMA/SDS, Brasília.

_____. Indústrias Nucleares do Brasil – INB. **Licenciamento nuclear e ambiental**. Disponível em:
<http://www.inb.gov.br%2Finb_eng%2Fconteudo%2Flicenciamento.doc&ei=iWwnT6a9CaTE2gW13ITgAg&usg=AFQjCNFdv9RcKSv9-zZMetZl-tsF9H92kwQ&cad=rja> acesso em 31/01/2012.

_____. Indústrias Nucleares do Brasil – INB. 2006. Disponível em:
<http://www.inb.gov.br/inb/WebForms/default.aspx> .> Acesso em 10/07/2010.

_____. Indústrias Nucleares do Brasil. Institucional. Disponível em <
http://www.inb.gov.br/pt-br/LeiAcesso/?secao_id=153&campo=2146> acesso em 01/05/2012.

_____. Ministério de Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Disponível em < <http://www.cnem.gov.br/acnen/inf-competencias.asp>> acesso em: 03/10/2012.

_____. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – MA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste. Diagnóstico do Quadro Natural e Agrossocioeconômico.** 2000.

BECKER, B. K. EGLER, C. A. G. *in*: **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal.** Brasília.– SAE/PR. Laboratório de Gestão do Território da Universidade Federal do Rio de Janeiro. 1996.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas.** 2ª ed. Petrópolis: Vozes, 1975.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global.** Caderno de Ciências da Terra. São Paulo: Gráfica Cairu, 1972.

BETTENCOURT, J. S. E MORESCHI, J. B. **Recursos Minerais.** In: Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. p. 445.

BIGARELLA, J. J. *et al.* **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003. Vol. 03 (p. 877-1436).

BONOTO, D. M. **Radioatividade nas águas : da Inglaterra ao Guaraní.** São Paulo: Editora UNESP, 2004. ISBN 85-7139-539-X

BOMFIM, L. F. C. **Mapa de domínios/subdomínios hidrogeológicos do Brasil em ambiente SIG: concepção e metodologia.** XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. São Luís – MA, 2010.

CÂMARA, G. DRUCK, S. CAMARGO, E. C. G. **Análise Espacial de Superfícies.** In: Análise Espacial de Dados Geográficos. Editores Técnicos Suzana Druck...[et al.] – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. P. 78.

CASTRO, G. L. VERÍSSIMO, C. U. V. *et al.* **Isótopos de carbono e oxigênio dos mármores associados com o depósito fósforo uranífero de Itataia, Ceará.** Revista Brasileira de Geociências. junho de 2005, p. 199-208.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia.** Goiânia: ed. UFG, 1994.

CAMARGO, R.; PALMEIRA, A. C. P.; FREDIANI, M.E.B. Meteorologia Sinótica. **Zona de Convergência Intertropical**. Universidade de São Paulo. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas - Departamento de Ciências Atmosféricas. 2004. Disponível em: < <http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/AULA15/AULA15.HTML> > Acesso em 02/02/2012.

CEARÁ. **Portal Hidrológico do Ceará**. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH. Disponível em: < <http://www.hidro.ce.gov.br/> > Acesso em 17/03/2012.

_____. PAE-CE. Secretaria dos Recursos Hídricos, **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente / Secretaria dos Recursos Hídricas, 2010.

_____. Instituto de Pesquisa Econômica e Estratégia do Ceará – IPECE/ SEPLAG **Perfil Básico Municipal: Santa Quitéria**. Fortaleza. 2009 e 2011.

_____. Assembléia Legislativa do Estado do. **Cenário Atual dos recursos hídricos do Ceará** / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2008.

_____. **Planejamento Estratégico dos Comitês de Bacias Hidrográficas do Estado do Ceará 2004/2005**. Secretaria de Recursos Hídricos – SRH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará – COGERH. Fortaleza, 2006.

_____. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME/ Departamento de Recursos Ambientais – DERAM. **Dimensionamento do Semi árido da Área de atuação do BNB**. 1993.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 124 p. (INPE-8454-RPQ/722).

CIPRIANI, M. **Mitigação dos Impactos Sociais e Ambientais Decorrentes do Fechamento Definitivo de Minas de Urânio**. Tese (Doutorado em Administração e Política de Recursos Minerais). Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Geociências. São Paulo. 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Org. José Teixeira Guerra e Sandra Baptista Cunha – Rio de Janeiro, 1995.

COUTO, J. **Lixo radioativo ameaça região de Poços de Caldas**. In: Revista Caros Amigos, Ano XIV, Número 160. 2010. ISSN 1414 – 221X

DAGLE, G. E. SANDERS C. L. **Radionuclide Injury to the Lung**. Environmental Health Perspectives. Vol. 55, pp. 129-137, 1984.

DAQUI. **Boletim Informativo para Caetité e arredores**. Número 2. Abril de 2009. Disponível em: http://www.inb.gov.br/ptbr/conteudo/imprensa/da-qui_%20inb_2_internet.pdf. Acesso em: 06 de dezembro de 2012.

DEMETRIO, J. G. A. CORREIA, L. C. SARAIVA, A. L. **Utilização de Imagens SRTM na Confecção de Mapas Potenciométricos**. Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Curitiba – PR. 2006.

DHESCA. Plataforma Brasileira de Direitos Humanos Econômicos, Sociais, Culturais e Ambientais – **Relatório da Missão Caetité: Violações de Direitos Humanos no Ciclo do Nuclear**. Org. LISBOA, M. V.; ZAGALLO, J.G.C.; MELLO, C.C.A. 2011.

DIEHL, P. **Impacts of uranium in situ leach, WISE Uranium Project**, (1998). Disponível em: < <http://www.wise-uranium.org/uisl.html> > Acesso em: 22 de novembro de 2012.

DRUMMOND J. A. **A Primazia dos Cientistas Naturais na Construção da Agenda Ambiental Contemporânea**. Revista Brasileira de Ciências Sociais – 2006. Vol. 21 Nº62.

ELIAS, D. **Reestruturação produtiva da agricultura cearense: rumo à desintegração competitiva e à fragmentação do espaço agrário**. In: José Bozarchiello da Silva. (Org.) Ceará: Um Novo Olhar Geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 429.

El Monitor Nuclear de WISE/NIRS. 2003. **La India Planea Abrir Nuevas Minas de Uranio**. Disponível em: < <http://www10.antenna.nl/wise/index.html?http://www10.antenna.nl/wise/esp/595/5553.html> > Acesso em: 23 de novembro de 2012.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

FAVALI, J. C. LEAL, J. R. L. V. **Contribuição ao estudo das mineralizações fosfática e uranífera da jazida de Itataia – Ce.** XXXII Congresso Brasileiro de Geologia – Salvador, BA, 1982. Anais. Vol. 05. p. 2022.

FERREIRA, A. G. E MELLO, N.G.S. **Principais Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre a Região Nordeste do Brasil e a Influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no Clima da Região.** Revista Brasileira de Climatologia, v.1, n.1, p. 15-28. 2005.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira: províncias florísticas.** 3ª ed. Fortaleza: Realce editora e indústria gráfica, 2006.

FILHO, J. B. G. **A Gestão de Conflitos Ambientais no uso dos recursos naturais.** Revista Banas Ambiental – Ano II – nº 11 – Abril de 2001. Disponível em: < www.consultoriaambiental.com.br > Acesso em: 07 Dez. 2010.

FLORENZANO, T. G. **Sensoriamento Remoto para Geomorfologia.** In Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Teresa Galloti Florenzano (Org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica.** São Paulo: Editora Sarvier, 2002. 387p.

GEOCONSULT. **RIMA. Projeto Santa Quitéria. Fazenda Barrigas, Santa Quitéria – Ceará.** Vol. II. Junho. 2004.

GODOY, A. M. G. O Clube de Roma - Evolução histórica. **Economia e Meio Ambiente.** Disponível em: < <http://amaliagodoy.blogspot.com/2007/09/desenvolvimento-sustentavel-evolucao.html> > Acesso em: 07 Nov. 2011.

GUERRA, A. T. GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico/Geomorfológico.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GREENPEACE. **Ciclo do perigo: impactos da produção de combustível nuclear no Brasil. Denúncia: contaminação da água por urânio em Caetité, Bahia.** Outubro de 2008. Disponível em: < <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2008-10/ciclo-do-perigo.pdf> > . Acesso em: 25 Out. 2011.

GUSTAFSON G., KRÁSNÝ, J. **Crystalline rock aquifers: their occurrence, use and importance.** Applied Hydrogeology. 2(2). 1994. p.64. Disponível para visualização

em: < <http://www.springerlink.com/content/1umx3qqml4j3tluu/>> Acessado em: 05/03/2012.

GLOBALSECURITY. Jaduguda. 22° 30' N 85° 40' E. Disponível em: < <http://www.globalsecurity.org/wmd/world/india/jaduguda-nuke.htm>> Acesso em: 23 de novembro de 2012.

HEIDER, M. **Urânio**. Disponível em: < http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CFYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fecologia.icb.ufmg.br%2F~rpcoelho%2FCongressos%2FCETEC_agosto2011%2Fperfil_uranio.pdf&ei=UuzxT8GdGYKn6wHahbmCBg&usg=AFQjCNEXwVJEevi9AMqUMJOLdDRWoRpwZg> Acesso em 02 jul. 2012.

IAIA, International Association for Impact Assessment. *O que é a Avaliação de Impacto? Publicado em Dezembro de 2009.* Disponível em: < <http://www.iaia.org/publications/>> Acesso em: 10 Dez. 2011.

IAIA, International Association for Impact Assessment. *Principios de la Mejor Práctica para la Evaluación de Impacto Ambiental. Publicado em Janeiro de 1999.* Disponível em: < <http://www.iaia.org/publications/>> Acesso em: 10 Dez. 2011.

ICRP. International Commission on Radiological Protection. **The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.** ICRP Publication 103. Source: Journal of Radiological Protection. Disponível em: < <http://iopscience.iop.org/0952-4746/28/2/R02>> Acesso: 21 de novembro de 2012.

IGUELMAR, J. M. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** 2. Ed. ver. Atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

JACOMINE, P. T. K. CAMARGO, M.N. OLIVEIRA, J.B. **Classes Gerais de Solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.** 2ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres;** tradução José Carlos Neves Epiphanyo...(et al); São José dos Campos, SP, 2009.

KARMANN, I. **Ciclo da Água, Água subterrânea e sua ação geológica.** In: Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. p. 114.

KING, L. C. **A geomorfologia do Brasil Oriental**. Separata da Revista Brasileira de Geografia nº 2 – Ano XVIII – Abr./Jun. de 1956. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro. 1957.

LARRI. Labour Resource and Research Institute. **URANIUM MINING IN NAMIBIA The mystery behind ‘low level radiation**. Pesquisado e compilado por Hilma Shindon-dola-Mote. Namíbia, 2009.

LAMEGO, F. HORST, F. FRANKLIN, M. **Mineração de urânio e Energia: indicadores de sustentabilidade ambiental, econômica e social**. In Indicadores de Sustentabilidade para la Industria Extractiva Mineral. Ed. Roberto C. Villas Bôas y Christian Beinhoff. Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 2002. p. 164.

_____. *et al.* **Impactos de Mineração e Sustentabilidade no Semi-Árido. Estudo de Caso: Unidade e Concentração de Urânio – URA (Caetité, Ba)**. Rio de Janeiro. 2003.

LANDIM, P. M. B. **Análise Estatística de dados Geológicos**. 2. Ed. rev, e ampl. São Paulo: Editora UNESP, 2003. p 184.

LEFF, E. **Saber Ambiental para a Sustentabilidade: sustentabilidade, racionalidade, complexidade e poder**. Petrópolis, ed. Vozes, 2009.

LNEG. Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Portugal. **Léxico de Termos Hidrogeológicos**. Glossário *on line* Disponível em: < http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_hidro/lexico.aspx?Termo=Superf%E9dcie%20Potenciom%E9tric > Acesso em 14/03/2012.

_____. Laboratório Nacional de Energia e Geologia. Portugal. **Léxico de Termos Geológicos**. Glossário *on line* Disponível em: < http://e-geo.ineti.pt/bds/lexico_geologico/default.aspx?letra=S > Acessado em 26/04/2012.

MAGALHÃES, G. B. *et al.* **Análise geossistêmica: caminho para um entendimento holístico**. Revista do Departamento de Geografia da PUC-Rio. Ano 3, nº5. ISSN 19833644.

MARTINS, G. **Litogeoquímica e controles geocronológicos da suíte metamórfica Algodões-Choró, Ceará**. Tese de Doutorado, 2000, Inst.Geoc. UNICAMP, 218p.

MARQUES, J.T.M. GURRA, P.A.G. VINHA, C.A.G. **Avaliação de reservas de bens minerais na NUCLEBRAS**. XXXI Congresso de Geologia – Balneário de Camboriú, SC, 1980. Anais. Vol. 01. p.364.

MENDONÇA, J. C. G. S. BRAGA, A. P. G. CAMPOS, M. **Considerações sobre a mineralização fósforo-uranífera da jazida de Itataia – Ce.** XXXI Congresso Brasileiro de Geologia – Balneário de Camboriú, SC, 1982. Anais. Vol. 04. p.2472.

MELLO, A. A. SOUZA, E. M. MENDONÇA, J. C. G. - **A tectônica linear no Estado do Ceará.** XXXII Congresso de Geologia – Recife, 1978. Anais. Vol 01. p.385.

MENDONÇA, F. DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo. Oficina de Texto. 2007.

MENDONÇA, F. **Geografia Física: ciência humana?**. 7 ed. – São Paulo: Contexto, 2001. – (Repensando a Geografia).

MILARÉ, E. **Estudo Prévio de Impacto Ambiental no Brasil.** *In:* Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha. Org. Aziz Nacib Ab’Saber e Clarita Muller-Plantemberg – 2 ed. 1. Reimp. – São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas.** 2. Ed. rev. Atual. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010.

MOLION, L. C. B, BERNARDO, S. O. **Dinâmicas das Chuvas no Nordeste Brasileiro.** *In:* Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2000, Rio de Janeiro.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura.** 2ed. – São Paulo: Contexto. 2001.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3 ed. Atual. Ampl. – Viçosa: Editora.UFV, 2005.

NOVO, E. M. L. M. **Ambientes Fluviais**, p. 219 . *In* Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. Teresa Galloti Florenzano (Org.). São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

NASCIMENTO, F.R. **Degradação Ambiental e Desertificação no Nordeste Brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará.** Tese de Doutorado. UFF. Rio de Janeiro, 2006.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. **Geografia Física, Geossistema e Estudos Integrados da Paisagem**. Revista da Casa de Sobral, Sobral, v.6/7, n 1, p. 167-179, 2004.

NASA. Applied Science e Technology Project Office. John c. Stennis Space Center. **An Introductory Landsat Tutorial**. Disponível em: < <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsi-d/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>>. Acesso em: 27 Out. 2011.

NETO, J, V. **Um Elefante Branco de Águas Ácidas e Material Radioativo**. Disponível em: <http://youseetoo.blogspot.com.br/> . Acesso em 26 de novembro de 2012.

NEVES, M. A. **Análise integrada aplicada a exploração de água subterrânea na bacia do rio Jundiá (SP)**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia Regional da UNESP, Rio Claro. Janeiro de 2005.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro. IBGE. 1979.

OLIVEIRA, R. C. **Zoneamento ambiental como subsídio para o planejamento de uso e ocupação do solo do município de Corumbataí – SP**. 2003. 141 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências. Universidade Estadual Paulista – UNESP/ Campus de Rio Claro. 2003.

OLIVEIRA, J. E. **Avaliação dos recursos hídricos visando à saúde humana e agricultura na província uranífera Lagoa Real, região centro-oeste do estado da Bahia – PGAGEM Lagoa Real**. Workshop Internacional de Geologia Médica - 2005 – Relação de Painés. Disponível em < <http://www.cprm.gov.br/publique/media/-Painel28.pdf> >. Acesso em 30 novembro de 2012.

_____. **Implicações de Radioelementos no Meio Ambiente, Agricultura e Saúde Pública em Lagoa Real, Bahia, Brasil**. 2008. Serviço Geológico do Brasil – CPRM/AS. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/geo_med22.pdf. Acesso em: 02 de dezembro de 2012.

ONU. Organização das Nações Unidas. Disponível em: < <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=39549&Cr=unfpa&Cr1=> >. Acesso em: 31 Out. 2011.

_____. Organização das Nações Unidas. **Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD 2000**. Disponível em: < <http://www.pnud.org.br/idh/> > Acesso em: 05/06/2012.

_____. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP. **Environmental Aspects of Phosphate and Potash Mining**. Ed. 1. Printed by UNEP and IFA, Paris, Dezembro. 2001

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, IBGE, 1974.

PEREIRA, R. C. M. SILVA, E.V.. **Solos e Vegetação do Ceará: características gerais**. In: José Bozarchiello da Silva. (Org.). Ceará: Um Novo Olhar Geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005. p. 189.

PRADO, G. R. **Estudo de contaminação ambiental por urânio no município de Caetité-Ba, utilizando dentes de humanos como bioindicadores**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC. Ilhéus-Ba. Setembro de 2007.

REVISTA BRASIL NUCLEAR. **Fiocruz não vê relação entre mineração e câncer em Caetité**. Ano 16, nº 38, 16 de Maio de 2012 Disponível em: <http://www.aben.com.br/publicacoes/brasil-nuclear>. Acesso em: 06 de dezembro de 2012.

REDE BRASIL ATUAL. **Pesquisadores da Fiocruz apontam riscos da mineração de urânio na Bahia**. Por: OLIVEIRA. C. Publicado em 01/06/2012. Disponível em: <http://www.redebrasilatual.com.br/temas/saude/2012/06/pesquisadores-da-fiocruz-apontam-riscos-da-mineracao-de-uranio-na-bahia>. Acesso em: 06 de dezembro de 2012.

RICKLEFS, R. E. **A economia da Natureza**. 1996. Cap. 4. p. 68-90. Disponível em: http://www.4shared.com/office/CFUyy37O/a_economia_da_natureza_cap4.htm > acesso em 01/02/2012.

RODRIGUES, C. **A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais**. Revista do Departamento de Geografia. SãoPaulo, n.14, 2001. p. 69-77.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental**, São Paulo. Oficina de Textos, 2009.

_____. **Análises e sínteses na abordagem geográfica do planejamento ambiental**. Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP, São Paulo, n 9, p. 65-76, 1995.

_____. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 6, p.17-29, 1992.

RUTKOWSKI, E. W.; SANTOS, R. F. **Bacia Ambiental: um outro olhar para a questão das águas doces urbanas.** In: CONGRESO IBÉRICO SOBRE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE AGUAS, 1. 1998, Zaragoza: Fundación Nueva Cultura Del Agua, 1998.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental Conceitos e Métodos.** São Paulo. Ed. Oficina de Texto. 2008.

_____. **Desengenharia - o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais.** Edusp/Fapesp, São Paulo, 2001.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SILVA, J. R. A. **Caracterização Hidrogeológica da Jazida de Itataia-Ce.** XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, Brasil, 2004 - ISSN 2179-9784.

SILVA, L. S. **Avaliação da Radioatividade Natural em Águas Potáveis, de Superfície e Subterrâneas da Região de Caetité, BA.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) apresentada ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN. São Paulo. 2011.

SCHEELE, F. **Uranium from Africa Mitigation of Uranium mining impacts on society and environment by industry and governments.** World Information Service on Energy (WISE). Junho 2011. ISBN: 978-90-71284-82-3

SINGHAL, B.B.S. GUPTA, R.P. **Applied Hydrogeology of Fractured Rocks.** Kluwer Academic Publishers (now Springer). 1999.

SCHOBENHAUS *et al.* **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil.** CPRM. Brasília, 2003.

SOTCHAVA, V. B. **O Estudo de Geossistemas.** Métodos em Questão. São Paulo: ed. IG – USP. p. 1-52, 1977.

SOUZA, A.E. FONSECA, D. S. **Perfil Fosfato**. Disponível em < http://ecologia.icb.ufmg.br/~rpcoelho/Congressos/CETEC_agosto2011/perfil_fosfatos.pdf > . Acesso em 19 de novembro de 2012.

SOUZA, M. J. N. OLIVEIRA, V. P. V. NASCIMENTO, F. R. *et al.* **Diagnóstico Ambiental do Baixo Jaguaribe. In: Gestão Sustentável no Baixo Jaguaribe, Ceará.** Editores Técnicos: Morsyleide de F. Rosa; Rubens S. Gondim; Maria C. B.de Figueiredo. EMBRAPA. Fortaleza, 2006.

SOUZA, M. J. N. OLIVEIRA, V. P. V. **Análise Ambiental – uma Prática da Interdisciplinaridade no Ensino e na Pesquisa.** REDE – Revista Eletrônica do Prodema, Fortaleza, v. 7, n.2, p. 42-59, nov. 2011. ISSN 1982-5528.

SOUZA, M. J. N. **Contexto Ambiental do Enclave Úmido da Serra de Baturité – Ceará.** In Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais. Org. Frederico de Holanda Bastos – Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011. P. 19-33.

_____. **Análise e Ecodinâmica das Paisagens no Semi-árido.** Programa de Pós-Graduação em Geografia - UECE. Fortaleza, 2011. (texto inédito)

_____. **Análise Integrada do Meio Ambiente.** Curso de especialização em geoprocessamento aplicado a análise ambiental e recursos hídricos. Fortaleza, maio de 2010. (texto inédito)

_____. *et al.* **Diagnóstico geoambiental do município de Fortaleza: subsídios ao macrozoneamento ambiental e ao plano diretor participativo.** Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009. P.172.

_____. Metodologia do **Plano de Manejo do Monumento Natural das Falésias de Beberibe.** SEMACE, 2006.

_____. **Limitações Geoambientais ao Desenvolvimento Sustentável no Semi-Árido Brasileiro.** In: LUZON, J.L.; STADEL, C. (Orgs) Transformacines reginonales y urbanas em Europa y América Latina. Barcelona, Publicações UB, 2003.

_____. **Compartimentação Geoambiental do Ceará.** In: José Bozarchiello da Silva. (Org.) Ceará: Um Novo Olhar Geográfico. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. p. 128.

_____. **Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará.** In: LIMA, L. C. *et al.* Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Fortaleza: FUNECE, 2000.

_____. **Mapa de Compartimentação Geoambiental do Ceará.** FUNCEME. 1995.

_____. *et al.* **Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará.** Revista de Ciências Agrônômicas. Fortaleza, Dezembro de 1979. P. 77-86.

_____. **Geomorfologia do Vale do Choró, Ce.** IGEOG – USP, Série Teses e Monografias, nº 16. São Paulo, 1975.

_____. **Geomorfologia e Condições Ambientais dos Vales do Acaraú-Coreaú, Ceará.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo – F.F.L.C.H. – Departamento de Geografia. São Paulo, 1981.

SHINDONDOLA-MOTE, H. **Uranium Mining In Namibia: The mystery behind 'low level radiation'.** Labour Resource and Research Institute, February 2009. Disponível em: < <http://somo.nl/about-somo> >. Acesso em: 25 out. 2011.

SUCHANEK, M. G. O. SUCHANEK, N. **Efeitos (desconhecidos) da mineração de urânio.** Disponível em: < <http://www.ecodebate.com.br> >. Acesso em: 11/12/2008.

SUCHANEK. **Exploração de urânio no mundo debatida em Nisa, Portugal.** In Portal ECODEBATES 2009. Disponível em: <http://www.ecodebate.com.br> . Acesso em 24 de novembro de 2012.

TAIOLI, F. **Recursos Energéticos** In: Decifrando a Terra. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. p. 480.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, FIBGE-SOPREN. 1977.

TROPPMAIR, H.; GALINA, M. H. 2004. **Geossistemas.** Mercator, v. 10, p. 79-89, Ceará.

UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources and Effects Of Ionizing Radiation,** 1993. Disponível em: < <http://www.unscear.org/unscear/en/publications/1993.html> > Acesso em: 21 de novembro de 2012.

_____. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. **Sources And Effects Of Ionizing Radiation. 2000 Report to the General Assembly, with scientific annexes.** Disponível em: < http://www.unscear.org/unsccear/publications/2000_1.html > Acesso em: 22 de novembro de 2012.

ULIANA, Daniel. **Caracterização tecnológica do minério de fosfato do complexo alcalino de Salitre, MG - área Fosfertil.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-23112010-103420/> Acesso em: 2012-11-19.

VENTURI, L. A. B. **O Papel da Técnica no Processo de Produção Científica.** In: (Org.). *Praticando a geografia: técnicas de campo e laboratório em geografia e análise ambiental.* São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 13-18.

VILASBOAS, Z. **Sertão baiano sofre com impactos da produção de urânio para usinas nucleares.** Direitos Humanos no Brasil 2006. Relatório da Rede Social de Justiça e Direitos Humanos. Org. SYDOW, E. & MENDONÇA, M. L. 2006. p. 225.

WISE & SOMO -World Information Service on Energy e Stichting Onderzoek Multinationale Ondernemingen. **Uranium from Africa Mitigation of Uranium mining impacts on society and environment by industry and governments.** Autor: Fleur Scheele, Joseph Wilde-Ramsing & Esther de Haan. Amsterdam, June 2011

WATHERN, P. **An introductory guide to EIA.** In: Wathern, P. (Org.). *Environmental impact assessment: theory and practice.* London: Unwin Hyman, 1988, p. 3-30.

WESTMAN, W. E. **Measuring the inertia and resilience of ecosystems.** BioScience, v. 28, n 11, p.705-710, 1978

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental: um estudo de caso no município de Ourinhos-SP.** 2006. 209 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Campus de Rio Claro. 2006.

ZANELLA, M. E. SALES, M. C. L. **Considerações sobre o clima e a hidrografia do maciço de Baturité.** In *Serra de Baturité: uma visão integrada das questões ambientais.* Org. Frederico de Holanda Bastos – Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2011