

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL
RESULTANTE DA ATIVIDADE CERÂMICA NO VALE DO RIO TIJUCAS**

Juarês José Aumond*

Edson Fortes*

Carlos Loch**

Abstract

Results of research conducted with remote sensing are presented in this paper. The work was assisted by complementary activities, both field and lab ones. The goal was the evaluation of the environmental impact caused by mining activities, required to supply raw materials to the ceramic industry in the Tijucas Valley.

Conventional air pictures in black and white and infrared were compared against Landsat images. Conventional air pictures were found to be better for this purpose.

Introdução

Apresentamos neste trabalho os resultados das pesquisas realizadas com diversas imagens de sensoriamento remoto, auxiliado por atividades complementares de campo e laboratório com objetivo de avaliar o impacto ambiental provocado pelas ativi-

*Alunos do Curso de Mestrado em Geografia - UFSC.

**Prof. do Depto. de Engenharia Civil e do Curso de Mestrado em Geografia da UFSC.

GEOSUL, nº 11 - Ano VI - 1º semestre de 1991.

dades de apoio da indústria cerâmica no Vale do Tijucas.

A primeira fase consistiu da interpretação de fotografias aéreas convencionais em branco e preto e infra-vermelho. Como as imagens utilizadas datavam de 1979, a segunda fase foi realizada no campo, visando avaliar a fotointerpretação executada em laboratório e atualizar os limites das cavas resultantes das atividades da mineração de argilo-minerais.

A última fase objetivou identificar a melhor imagem de sensoriamento remoto para posterior monitoramento do avanço da mineração e desmatamento no Vale do Tijucas.

Ela foi desenvolvida no laboratório de Sensoriamento Remoto do Governo do Estado de Santa Catarina, tendo sido realizado a confrontação das imagens aéreas convencionais (branco/preto e infravermelho), com as imagens de Landsat. Posteriormente fez-se também uma confrontação com imagem Spot.

Os estudos levaram a optar pelas fotografias aéreas convencionais (branco/preto e infravermelho) para consolidar o mapa das cavas, base da degradação ambiental do Vale do Tijucas, especialmente aquela resultante da exploração mineral.

As imagens de satélite, não responderam ao nível desejado para a elaboração do mapa temático e tampouco para o monitoramento das cavas resultantes da mineração, considerando as dimensões das mesmas e a escala das imagens.

No entanto, as imagens "TM" do satélite Landsat se mostraram adequadas para a elaboração do mapa e monitoramento das alterações da cobertura vegetal.

Objetivos

- a) Avaliar o grau de impacto ambiental resultante da atividade cerâmica no vale do Tijucas;
- b) Avaliar a eficiência dos sensores: fotos convencionais em branco e preto, fotos em infravermelho e imagens de satélite Landsat e Spot para trabalhos pertinentes a análise ambiental;
- c) Delimitar cartograficamente as cavas resultantes das lavras de argilas para projetos de recuperação das

áreas degradadas;

- d) Apresentar uma contribuição a projetos futuros de planejamento ambiental no Vale do Tijucas.

Localização da Área

A área pesquisada abrange o Vale do Tijucas, estendendo-se da sede urbana no município do mesmo nome, incluindo áreas dos municípios de Canelinha e São João Batista.

A pesquisa enfocou especialmente a planície do Tijucas e os contrafortes das serras localizadas ao sul e norte, perfazendo uma superfície total de 370 quilômetros quadrados, delimitada pelas coordenadas geográficas 27°15' e 27°19' de latitude sul e pelas coordenadas 48°37' e 48°48' de longitude oeste. Nos mapas anexos (nº 1) observa-se a localização da área estudada a nível regional e a situação da área a nível estadual (nº 2).

Antecedentes Históricos

O Vale do Tijucas, outrora denominado pelos índios Carijós de Ty-yuca, teve sua colonização iniciada em 1775 pelos imigrantes portugueses.

As atividades econômicas da época concentravam-se na exploração da madeira e da agricultura. A exploração da madeira deixou marcas indelévels na paisagem persistindo até hoje traços da antiga ocupação do Vale.

Henrique Boiteux¹ referindo-se à colonização litorânea nos dá conta que para cá foram enviados colonos das Ilhas dos Açores, trazendo consigo a miséria das Ilhas de origem e que aqui chegavam sem dinheiro e sem proteção, tendo que tirar da terra os módicos recursos para sustentar suas famílias. A colonização provinda do Arquipélago dos Açores encontrou mais adversidades do que facilidades conforme nos descreve Paulo Lago.²

A exploração agrícola do Vale, ocorreu de forma mais intensiva por volta de 1788, quando do regime das sesmarias. Com

o término da concessão das sesmarias, em 1823 começou a vigorar no Brasil o "Regime de Posses", sendo que o Vale do Tijucas foi então incorporado a esse novo sistema fundiário.

Segundo Rouver³ o sesmeiro recebia o título para depois trabalhar a terra, enquanto pela posse, o posseiro primeiro trabalhava a terra e depois de benfeitorizá-la legalizava sua propriedade pelo reconhecimento estatal da situação.

Atualmente, ainda persistem comunidades que conservam o modo de vida e as formas de exploração agrícola dos antigos habitantes do vale, entretanto são casos isolados, pois a agricultura mecanizada está dominando a paisagem, e nos últimos 20 anos, o sistema de drenagem foi profundamente alterado com a abertura de canais para a irrigação.

Registros históricos, nos dão conta que o Vale do Tijucas com sua tradicional indústria de base agrícola, foi no passado, importante fornecedor de matérias primas e produtos alimentícios para outras regiões urbanizadas do país. Açúcar, aguardente, farinha e madeira constituíam desde o século passado, produtos exportados para as demais regiões do país.

Registros históricos confirmam que a atividade cerâmica no Vale, teve início nas primeiras décadas deste século, embora a industrialização do Vale só tenha ganho impulso nos últimos 40 anos. O crescimento de Blumenau, Joinville e Florianópolis incrementou o surgimento das cerâmicas no Vale do Tijucas. É nas décadas de 60 e 70 que se consolida a concentração industrial de cerâmica no Vale do Tijucas.

Neste período foram fundadas 70% das indústrias do Vale, aumentando consideravelmente a atividade primária extrativista especialmente a extração da lenha para uso como combustível nos fornos cerâmicos e a exploração de argilo-minerais para o fabrico da cerâmica estrutural.

A extração de lenha e dos argilo-minerais no Vale do Tijucas provocou um rápido processo de degradação ambiental, cuja intensidade variou de acordo com o momento histórico vivido.

As primeiras explorações de argilas eram manuais e executadas com equipamentos rudimentares como a pá, atingindo profundidades que oscilavam entre 1,0 e 1,5 metros. Com a expan-

são do parque cerâmico, aumento do consumo de argilo-minerais e a mecanização da exploração com uso de equipamentos modernos a lavra de argila provocou profundas alterações na topografia deixando crateras de até 10 e 13 metros de profundidades.

Observa-se hoje, mesmo no perímetro urbano de Canelinha, as marcas da exploração depredatória da argila que geraram muitas lagoas e terrenos com constantes alagamentos. Estes terrenos se tornaram inutilizáveis para uso agrícola e para a ocupação urbana, tornando-se ambientes insalubres e de alto risco para moradores que ali circulam.

No início da década de 1980, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Furb, desenvolveu um projeto de avaliação do parque de cerâmica vermelha, tendo nesta ocasião cadastradas 78 cerâmicas no Vale do Tijucas. Estas cerâmicas consumiam anualmente, 36.770 toneladas de argilo-minerais, das quais 22.600 toneladas eram extraídas na própria região. Para esta produção eram consumidas paralelamente, como fonte energética 779 toneladas de óleo combustível derivado de petróleo do tipo BPF, 367 toneladas de gás liquefeito de petróleo (GLP), 23.770 toneladas de lenha e 260 toneladas de serragem e farelo (resíduos).

Os autores que desenvolveram aquele projeto, já na época, chamavam a atenção para a forma depredativa e irregular do consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis para a produção de cerâmica estrutural. Alertavam para a crítica disponibilidade de argilo-minerais tecnicamente adequados e a forma depredativa com que se lavrava as argilas.

Atualmente somente uma cerâmica de alta concentração tecnológica consome cerca de 20.000 toneladas de argilo-minerais, toda provinda de fora do Vale.

O Vale do Tijucas encontra-se hoje em deplorável estado de degradação ambiental, cujos banhados herdados da exploração inadequada dos argilo-minerais, ocupam extensas faixas, outrora utilizadas para a agricultura. As serras que circundam o Vale do Tijucas, antes importante reduto da exuberante floresta atlântica, hoje está descaracterizada e confinada a reduzidos espaços, em função de sua exploração como fonte energética. Im-

portante parcela da matéria-prima para abastecer o parque cerâmico é hoje fornecida por outras regiões mais afastadas do vale.

Geologia

Do ponto de vista geológico nos restringimos aqui, a expor suscintamente alguns aspectos dos diferentes litotipos, apenas para servir de informação da base física e facilitar a compreensão do todo.

O Complexo Metamórfico-Migmatítico está representado na região por uma estrutura orientada segundo direção nordeste, ocorrente ao norte e sul do Vale, situado entre as cidades de Canelinha e Tijucas e é representado por granitos-gnaíssicos fortemente foliados.

O Complexo Metamórfico de Brusque constitui-se de xistos de origem metapelítica e xistos de origem vulcano-química. Os primeiros ocorrem ao norte, próximo das áreas urbanas de Canelinha e São João Batista, e a sul/sudoeste de São João Batista. Os segundos ocorrem ao norte nos vales do Oliveira, Cobre e Moura.

Ao sul de Tijucas, ao longo da BR-101, ocorre o Grupo Pedras Grandes representado por intrusões graníticas pertencente à Suíte Jaguaruna e Palmeira do Meio.

O Quadro Geológico da área se completa com os Sedimentos Quaternários, que inclui a planície litorânea de constituição fundamentalmente arenosa, a planície aluvionar do Tijucas argilo-arenosa e os sedimentos de terraços argilo-arenoso e os sedimentos de terraços argilo-areno-conglomerático que encobrem a borda dos xistos nos municípios de Canelinha e São João Batista.

Materiais

As imagens aéreas convencionais (preto e branco ou infravermelho) somadas as imagens orbitais (Landsat, Spot ou Sojuz) constituem-se em ferramentas indispensáveis para estudos ambientais. A identificação e o mapeamento de áreas degradadas constitui uma das mais importantes contribuições fornecidas pelo sensoriamento remoto. As características espectrais, espaciais e temporais dos produtos de sensoriamento remoto indicam a versatilidade a obtenção de informações úteis aos estudos que exigem um conhecimento do uso da terra, bem como do diagnóstico da qualidade desse uso.

Na realização deste trabalho, foram analisadas na primeira fase as fotografias aéreas convencionais em preto e branco com escala oficial 1:25.000, que na prática se apresentaram com a escala 1:30.000, obtidas junto ao Departamento Nacional da Produção Mineral.

Foram também utilizadas fotografias infravermelho com escala oficial 1:45.000, que de fato se apresentaram com escala 1:53.000, obtidas em 1979 e fornecidas pela SEPLAN Secretaria de Planejamento do Governo do Estado.

As fotografias infravermelho possibilitaram observar com grande detalhe os corpos hídricos, em virtude da capacidade desses corpos reterem energia calorífera, facilitando o traçado da rede de drenagem bem como parte das cavas resultante da mineração dos argilo minerais, uma vez que estas se apresentavam alagadas.

Para fazer um diagnóstico integrado de toda a área degradada foi necessário optar por um produto de escala e de cobertura apropriadas.

As imagens utilizadas para o diagnóstico geral da área foram as imagens Landsat com sensor **TM** (Thematic Mapper), através de interpretação automática, realizada no laboratório de Sensoriamento Remoto em Canasvieira, município de Florianópolis-SC.

Outra imagem utilizada foi a SPOT pancromática, adquirida no laboratório de Sensoriamento Remoto do Departamento de Engenharia Civil da UFSC.

A imagem Landsat apresenta uma resolução espacial de 20 metros, e apesar desse sensor dispor de 8 (oito) canais espectrais, foram selecionados apenas 3 (três) canais que mais se adaptavam aos propósitos do trabalho, que são os canais 4, 5 e 7, infravermelho próximo, médio e distante, respectivamente.

A imagem SPOT na escala 1:50.000 é datada de 03 de julho de 1988. Este sensor foi escolhido em virtude da necessidade de análise de um produto com resolução maior do que o Landsat e que tivesse repetitividade de imagens.

Nesse sentido Loch⁴ em sua dissertação já chamava atenção para a conveniência de se fazer a interpretação de cada sensor independentemente e somente no final comparar os resultados de cada interpretação. Possíveis diferenças da análise e interpretações de sensores diferentes, servirão de controle na análise seqüencial.

A opção pela imagem SPOT pancromática, além do intervalo espectral foi, também, devida a resolução de 10 m, que permitiu uma análise mais detalhada comparando com a imagem Landsat.

A análise integrada desses sensores permitiu uma maior confiabilidade nos resultados do diagnóstico do impacto ambiental da mineração no Vale do Tijucas.

Análise Comparativa entre os Sensores para Avaliação da Degradação Ambiental

Durante o desenvolvimento dos trabalhos foram utilizados dois sensores e realizadas observações sobre a geologia, drenagem, vegetação e especialmente as cavas resultantes das atividades de mineração.

Apresentamos a seguir os resultados da análise e interpretação dos sensores avaliando a eficiência dos mesmos no decorrer da pesquisa.

As imagens em infravermelho, apresentaram bons resultados para identificação dos diferentes Grupos de Rochas. Foi possível identificar com facilidade o Granito Pedras Grandes, ocorrente no sul bem como os xistos e gnaíesses do norte. Os primeiros aparecem como corpos contínuos, textura mais homogênea e com tons diferenciados de vermelho. Os xistos e gnaíesses estão mais dissecados em função da erosão diferenciada e apresentam cristas alinhadas e formas de anfiteatro que destacam na imagem. As faixas de sedimentos quaternários por se constituírem de topografia mais suavizadas foram mais intensamente desmatadas e urbanizadas, motivos pelos quais, apresentam certo realce nas imagens infravermelho.

As fotografias em preto e branco, por estarem em escala maior, permitiram a identificação de maiores detalhes, minimizando a margem de erro na delimitação dos litotipos, no entanto perderam em visão mais global e estrutural.

Para análise regional e identificação das grandes estruturas geológicas, o sensor "TM" apresentou bons resultados.

A análise do sistema de drenagem no Vale do Tijucas foi parcialmente dificultado em algumas faixas, devido as alterações provocadas pela ação antrópica do desmatamento indiscriminado e a abertura de canais para drenagem.

As imagens em infravermelho foram as mais eficientes para o traçado da drenagem em virtude de eliminarem o efeito da vegetação. Todavia a escala maior das fotografias aéreas em branco e preto, permitiram a identificação de mais detalhes no seu traçado.

Como os corpos d'água absorvem muita energia, eles aparecem com tonalidade mais escuras nas fotografias em infravermelho e branco e preto. Na imagem "TM" a drenagem também se apresenta com tonalidades mais escuras, porém seu traçado foi mais difuso devido a escala do sensor.

Na delimitação da vegetação e diferentes culturas, as imagens em infravermelho apresentaram pouca nitidez e as fotografias aéreas convencionais em branco e preto se mostraram mais eficientes, permitindo inclusive, identificar diferentes espê-

cies vegetais.

As imagens do Landsat, especialmente a composição dos canais 4, 5 e 7 foram surpreendentemente eficientes na delimitação da cobertura vegetal e diferentes culturas.

Para avaliar a eficiência deste sensor fez-se uma análise digital da vegetação e das diferentes culturas. O produto desta análise foi impresso pelo monitor do vídeo e apresentou uma precisão surpreendente, permitindo distinguir as faixas de vegetação de porte, capoeirões, canaviais e outras culturas.

As vantagens das imagens do Landsat para análise da vegetação são a rapidez da análise de grandes áreas, baixos custos e repetitividade das imagens que permitem um monitoramento periódico.

Nesta pesquisa não se fez o mapeamento da cobertura vegetal, todavia ela permitiu identificar o sensor mais adequado. Assim, recomenda-se para as comunidades locais, especialmente as prefeituras, o uso das imagens do Satélite Landsat e Spot, no mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal.

Analizamos agora, aquele que foi o objetivo principal da pesquisa, isto é, a degradação ambiental causada pela atividade de mineração. As fotografias em infravermelho e preto e branco, foram as mais adequadas para a identificação das cavas resultantes da mineração de argilo-minerais aluvionares, argila de terraços, macadames e outros materiais. Nas fotos infravermelho, as cavas mais antigas na planície aluvionar ficaram um tanto mascaradas, em função da pequena profundidade da lavra, outrora praticada por instrumentos rudimentares como a pá. A vegetação atual ajuda mascarar e dificulta a identificação de detalhes. Assim, quanto mais antiga a lavra, mais difícil é delimitar os contornos da cava. Na exploração atual, o rebaiamento topográfico atinge o nível freático, expondo a umidade, que se destaca com certa facilidade pelos tons mais escuros no espectro do infravermelho.

As cicatrizes provocadas pela mineração das argilas macadames nos terraços, são mais fáceis de serem identificadas e

delimitadas, em função do contraste entre as áreas desnudadas e a vegetação circundante. Soma-se a isso, o fato de que as cicatrizes deixadas nestas faixas são mais profundas.

As fotografias aéreas em branco e preto permitiram identificar as várias fases de exploração de argilas, baseado nas diferentes tonalidades da foto, diferenciação da vegetação e no corte das cavas. Mesmo em cavas de lavras muito antigas, estas imagens permitiram identificar com precisão o seu desenho em detalhe. Foi possível inclusive a identificação de outra atividade econômica em algumas cavas, desenvolvida em décadas passadas, como por exemplo, a cultura de arroz, em função da necessidade que esta atividade econômica exigia da regularização do piso para alagamento.

As imagens Landsat, obtidas a partir das fitas magnéticas não permitiram a identificação precisa dos contornos das cavas resultantes da extração das argilas. As cavas mais antigas foram difíceis de serem identificadas no monitor visual e no rastreamento digital ficaram inteiramente mascaradas. Na composição dos canais 4, 5 e 7 a identificação das cavas foi possível, desde que acompanhada de um mapa temático, mesmo assim, a delimitação dos seus contornos, constitui-se numa tarefa difícil.

O mapa temático de degradação ambiental resultante da atividade de mineração apresentado neste trabalho se constitui na soma das informações obtidas em trabalhos de laboratório e campo (Mapa nº 3). As fotografias aéreas em branco e preto e infravermelho foram obtidas em 1978 e 1979, motivo pelo qual foram necessários exaustivos trabalhos de campo para atualizar o avanço dos contornos das cavas ocorridas na última década. A base cartográfica utilizada foram as fotografias em infravermelho, na escala 1:53.000. As fotografias em branco e preto serviram como apoio na atualização do desenho das lavras durante os trabalhos de campo.

Da análise do mapa temático final constatou-se que 3.233.900 m² encontram-se degradados pelas atividades de mineração. O município de Canelinha é o mais degradado com 1.893.000 m², Tijucas com 968.400 m² e São João Batista com 372.500 m².

Os problemas mais graves ocorrem no município de Canelinha, onde a exploração já é praticada com grande profundidade na área urbana central da cidade. As cicatrizes deixadas pela mineração ambiciosa nesta faixa estão desfigurando a área urbana, gerando graves problemas ambientais e trazendo riscos para a circulação da população e veículos (vide fotos nº 1 e nº 2).

A análise dos custos/benefícios desta atividade de lavra ambiciosa evidencia que os custos ambientais e sociais são muito maiores a eventuais ganhos financeiros. A sociedade principalmente de Canelinha, já começa a se organizar para questionar a prática de lavra ambiciosa na área urbana. Esperamos que este trabalho sirva de subsídio para a compreensão da gravidade do impacto ambiental desta atividade ambiciosa e contribua para o seu disciplinamento e conseqüente reorganização da ocupação dos espaços do Vale do Tijucas.

Conclusões

O processo de degradação ambiental no Vale do Tijucas remonta desde os tempos da colonização, através da atividade madeireira, agrícola e principalmente da mineração.

A análise da degradação pela mineração, evidenciou um processo acelerado de degradação nos últimos dez anos, já atingindo celeremente áreas urbanas centrais.

O processo de retirada de argila modifica o relevo deixando depressões de dimensões variadas, resultando em lagoas e banhados, onde antes era terra seca. A destruição do horizonte orgânico que cobria as áreas exploradas ficou inteiramente disperso durante este processo histórico de mineração no Vale. A não recuperação das áreas degradadas pelas mineradoras clandestinas fica evidente quando se observam as cavas mais antigas que ainda mostram seus contornos, apenas mascarados pela vegetação característica de áreas mais úmidas. Estas áreas são hoje inteiramente inadequadas para agricultura, principalmente pela perda de horizonte mais rico em matéria orgânica.

A degradação resultante da atividade de mineração depredativa se espalha rapidamente como uma mancha negra por todo o vale e atualmente desloca-se com mais intensidade em direção ao município de São João Batista e na área urbana de Canelinha.

Os municípios de Canelinha e Tijucas já tiveram importante fração de suas terras mais férteis inutilizadas pela mineração desordenada.

Para o monitoramento da degradação ambiental causado pela mineração de argilas, as imagens do satélite Landsat não são as mais indicadas. As imagens convencionais em infravermelho e branco e preto se constituíram nos melhores instrumentos para a delimitação do mapa temático base.

Recomenda-se para o monitoramento do avanço das cavas, o uso das fotografias em infravermelho e preto e branco. O uso destas imagens e a estrutura fundiária representada por um grande número de pequenas e médias propriedades delimitadas por figuras geométricas facilmente identificadas nas fotografias, facilita o monitoramento e atualização do avanço das cavas.

Referências Bibliográficas

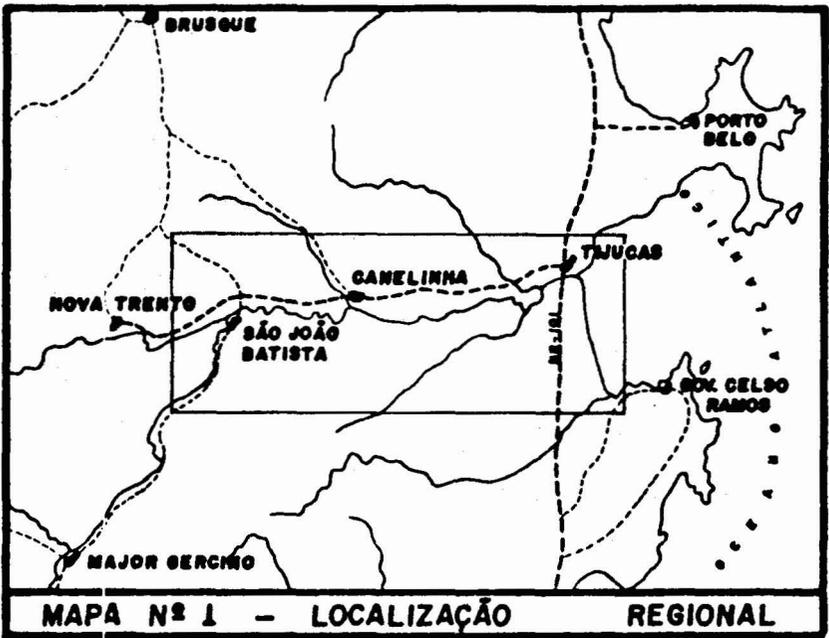
- ¹BOITEUX, Henrique. Tijucas Grande e Porto Belo. Florianópolis: Livraria Central, 1928. p.3
- ²LAGO, Paulo Fernando. Gente da Terra Catarinense - Desenvolvimento e Educação Ambiental. Florianópolis: Editora da UFSC/FCC/Ed. Lunardelli/UEDESC, 1988. p.69 à 80.
- ³ROUVER, Vanderlei. Canelinha do Tijucas Grande. Canelinha: Editora da Prefeitura Municipal de Canelinha, 1988. p.19-73.
- ⁴LOCH, Carlos. Pesquisa de Diversos Sensores (Landsat, Radar e Fotografias Aéreas), bem como Estudo de suas Potencialidades Aplicados à Interpretação Geológica. Curitiba, 1982. p.91.



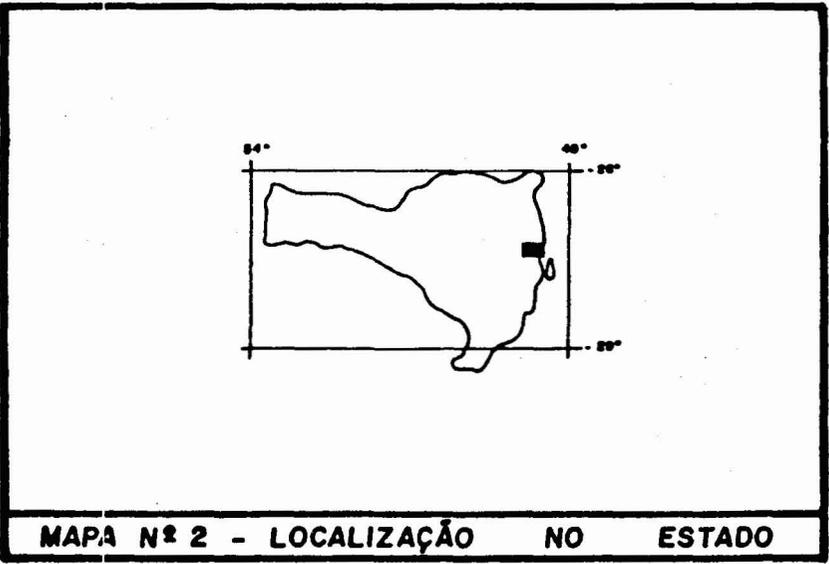
Foto nº 1 - Cava resultante da mineração de argilo-mineral na área urbana do município de Canelinha.



Foto nº 2 - A mineração ambiciosa de argilo-mineral afeta o sistema viário da área urbana de Canelinha.



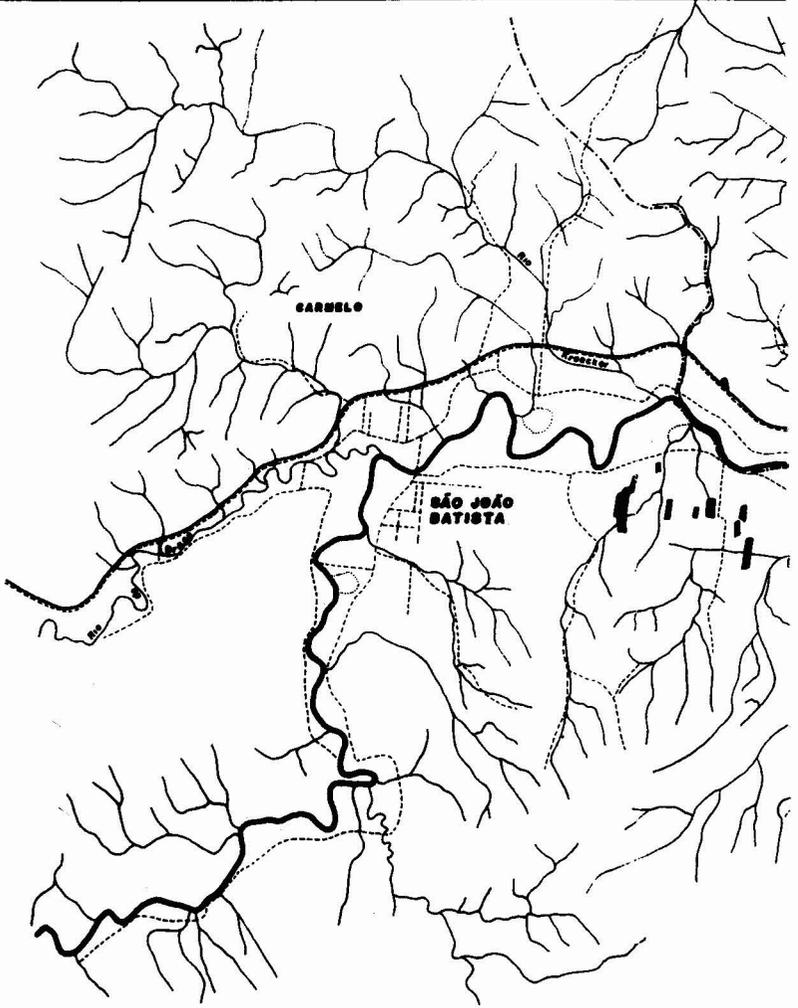
MAPA Nº 1 - LOCALIZAÇÃO REGIONAL



MAPA Nº 2 - LOCALIZAÇÃO NO ESTADO

48° 55'

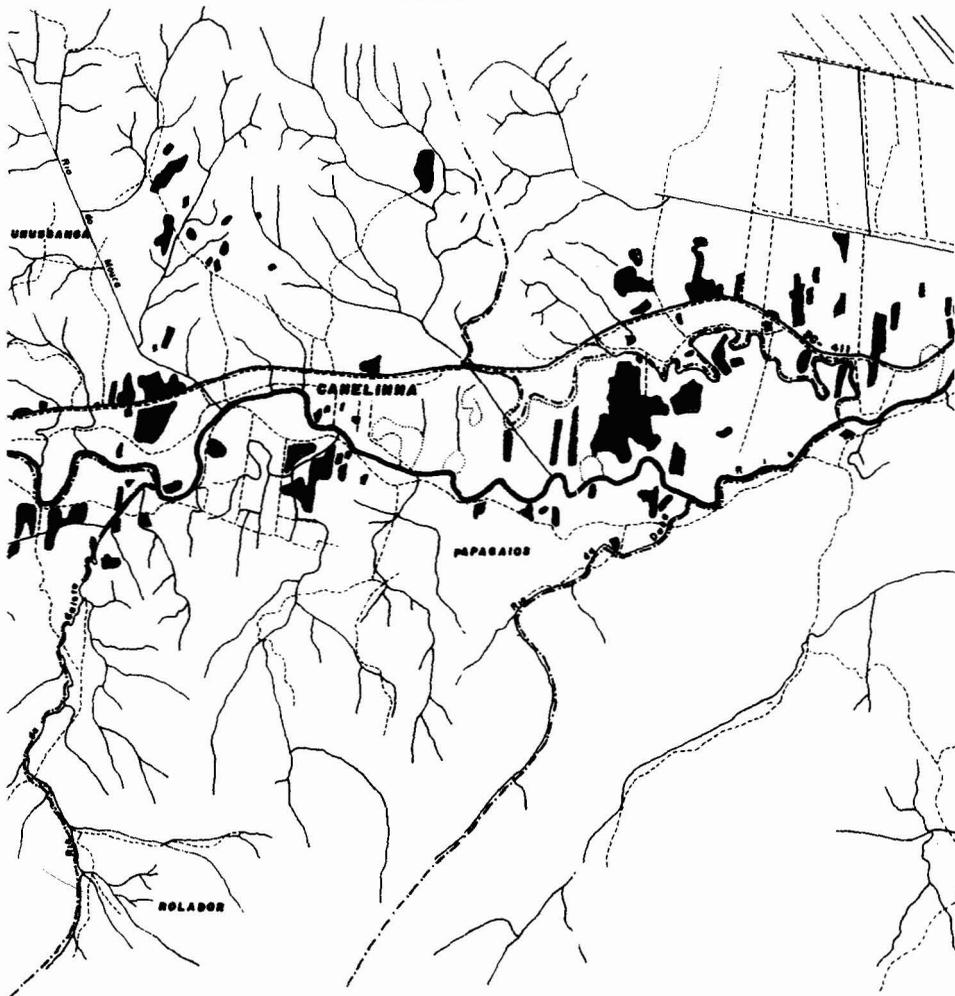
-27° 15'



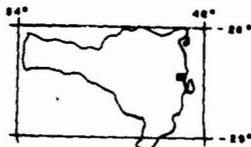
-27° 20'

48° 55'

LOCALI



ZAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO



CONVENÇÕES



DRENAGEM



CANAL



LEITO DE RIO ABAN

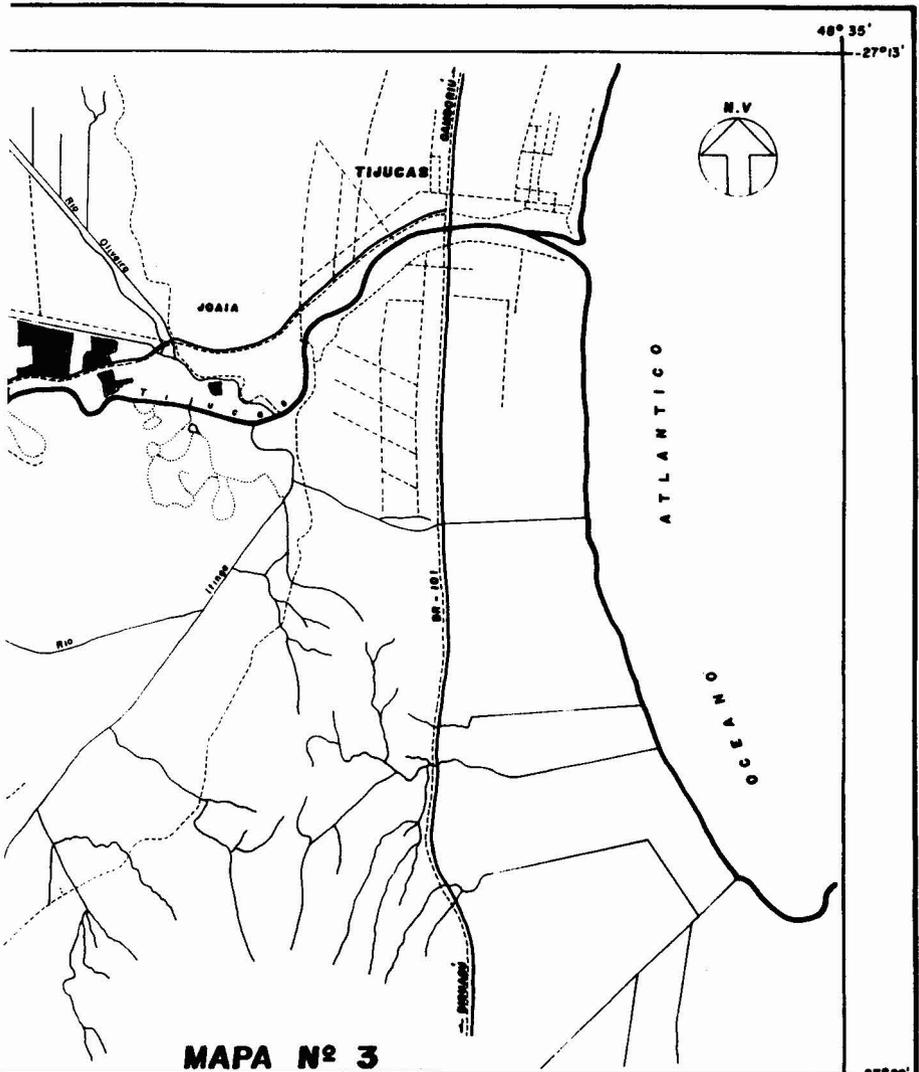


SISTEMA VIÁRIO



CAVAS DE MINÉRIO

LIMITE DE MUNICÍPIO



ONADO

IMPACTO AMBIENTAL DA MINERAÇÃO NO VALE DO RIO TIJUCAS		
SENSORIAMENTO REMOTO		
ESCALA	ESCALA GRÁFICA	MUNICÍPIO - SC
1 : 55.000		TIJUCAS CANELINHA S. JOÃO BATISTA
BASE - FOTOGRAFIAS AÉREAS INFRA-VERMELHO		