

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOLOGIA DE MINAS E TÉCNICAS DE LAVRAS À CÉU
ABERTO

Michel Silva Costa

Métodos sustentáveis de mineração e controle de impacto ambiental na extração de areia do Rio Capivari, Município de Armazém, Santa Catarina.

Florianópolis-SC
2016

Michel Silva Costa

Métodos sustentáveis de mineração e controle de impacto ambiental na extração de areia do Rio Capivari, Município de Armazém, Santa Catarina.

Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Geologia de Minas e técnicas de Lavra a Céu Aberto.

Universidade Federal do Pará

Orientador: Prof. Dr. Evaldo R. Pinto da Silva

Co-Orientador: Prof. Roberto Adones Ferreira Lopes

Florianópolis-SC
2016

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Região onde se situam os requerimentos da empresa Cambirela Extração e localização dos portos de extração de areia (prainhas).....11
- Figura 2** - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio tubarão.....14
- Figura 3** - A) Mapa geológico da região de estudo situada na porção meridional da Província Mantiqueira; B) geologia local com destaque para a área de requerimento16
- Figura 4** - Ilustração esquemática da evolução de rios meandrantés. Em A, B e C respectivamente a evolução da erosão das margens de uma planície onde o rio está encaixado até o estágio senil em C.....19
- Figura 5** - Barra em pontal que constitui a frente de lavra junto ao canal fluvial do Rio Capivari. Ao fundo, taludes instáveis compostos de sedimentos quaternários.....20
- Figura 6** – Imagem dos grãos de tamanho areia muito grossa de uma das frentes de lavra. O material ainda possui umidade e não sofreu peneiramento.....20
- Figura 7** - Retroescavadeira e caminhões responsáveis pelo transporte de areia.....21
- Figura 8** - Pilhas de areia expostas para secagem e transporte nas margens do rio.....23
- Figura 9** - Extensão do depósito de areia e, no detalhe, a imagem da margem com baixa profundidade.....25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição da poligonal pertencente à Cambirela Extração Ltda. Processo DNPM nº 815.082/1998.....	10
Tabela 2 - Atividades Sequencias da Mineração de areia de acordo com o período relacionado a lavra.	29

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	7
3. JUSTIFICATIVA.....	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS	9
4.1 Revisão Bibliográfica.....	9
4.2 Trabalho de Campo	9
4.3 Análise Granulométrica	9
5. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	10
6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	12
6.1. Uso e Ocupação do Solo	12
6.2. Vegetação e clima	12
6.3. Caracterização Hidrográfica	13
6.4. Aspectos Geomorfológicos	15
6.5. Geologia Regional.....	15
7. RESULTADOS	19
8. PLANO DE LAVRA	21
8.1. Operações Unitárias de Lavra	22
8.2. Método de Lavra	22
8.2.1. Seleção das Frentes Iniciais de Lavra	24
8.2.2. Preparação da Frente de Lavra.....	24
8.2.3. Limites de Lavra	24
8.2.4. Carregamento e Transporte da Areia	24
8.2.5. Seleção dos Equipamentos de Lavra.....	25
8.2.6. Mão-de-obra.....	25
8.2.7. Higiene e segurança	26
8.2.8. Equipamentos de Proteção Individual (EPI's).....	27
9. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	28
9.1. Medidas de Minimização	29
9.2. Cronograma de recuperação.....	29
9.3. Medidas ambientais.....	30
10. CONCLUSÕES	31
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A extração de areia de rios e depósitos de planícies constitui-se de uma imprescindível atividade econômica no desenvolvimento dos municípios brasileiros em geral. Esta atividade constitui uma parcela importante da chamada mineração social, que atende diretamente as cidades e obras rurais fornecendo areia e demais agregados para construção civil.

No Brasil, anualmente não se pode medir a quantidade de areia extraída e minerada em cada região devido à alta demanda e falta de controle sobre a mineração irregular. Estes insumos em geral possuem uma ampla distribuição e sua carência dentro do território nacional ainda está longe de ocorrer. Apesar da importância desta atividade, sua crescente demanda e exploração não regulamentada acaba causando impactos ambientais consideráveis o que gera um conflito de interesses entre mineradoras e órgãos de fiscalização ambiental e a sociedade civil.

Na região sul do Estado de Santa Catarina, a mineração de agregados e rocha industrial possui um longo histórico que remonta ao início do século XX. Apesar disso, ainda hoje são comuns os problemas decorrentes da mineração e impactos no meio ambiente fruto de atividades minerais mal executadas.

Nos últimos anos, a mineração de areia na região do Município de Armazém teve uma grande importância para o desenvolvimento local e a extração predatória cria conflitos entre a atividade mineradora, a população local e instituições ambientais. Desta forma, esta proposta de monografia pretende fornecer um plano de lavra sustentável de areia na região do Rio Capivari do Município de Armazém-SC, como subsídio para as atividades de lavra de areia lá desenvolvidas.

2. OBJETIVOS

Objetivos Gerais:

Tendo isto em vista os problemas ambientais advindos da extração de areia do Rio Capivari, no município de Armazém-SC, esta monografia busca estabelecer padrões técnicos para a mineração de areia e controle dos impactos ambientais visando a mineração sustentável na região de Armazém.

Objetivos Específicos:

- Diagnóstico ambiental da área de requerimento
- Caracterizar a geologia do sistema fluvial do Rio Capivari na área de requerimento;
- Elaborar um projeto de lavra baseado na legislação mineral vigente;
- Elaborar o projeto de recuperação ambiental baseado na legislação ambiental vigente;

3. JUSTIFICATIVA

A mineração de areia e agregados no município de Armazém, estado de Santa Catarina, compõe uma parcela importante na geração de renda e emprego para a população. Entretanto, esta atividade gera alguns problemas, tanto para o meio ambiente como divergências entre as mineradoras e a população. Nos últimos anos, a falta de regulamentação em relação à extração desordenada de areia do Rio Capivari causou problemas ambientais ao longo de seu curso e levou os órgãos ambientais, em especial a Fundação do Meio Ambiente (FATMA), a questionar o modelo de lavra empregado pelas empresas que extraem areia neste rio.

As mineradoras nem sempre respeitam as normas ambientais para extração, seja por imprudência ou insensatez. Também se carece de estudos locais e modelos de extração sustentável, prática que ainda não é totalmente difundida por todo o país. Desta forma, a proposição de métodos de extração mineral com impactos reduzidos e mitigados são de fundamental importância quando se deseja preservar os recursos naturais da região. Além disso, o Rio Capivari é de grande importância regional, pois atravessa toda a região Sul Catarinense e aflui para regiões densamente povoadas e litoral (SDM, 1997).

A área de extração abordada neste trabalho possui concessão de lavra de areia pertencente à empresa Cambirela Extração e Comércio de Sílex Ltda Epp (Figura 1) e advém tanto da Cambirela quanto da Fundação do Meio Ambiente a adequação da mineração local para práticas sustentáveis. A necessidade de atualização do projeto de Lavra para a empresa e a implantação de um modelo de lavra adequado à legislação ambiental vigente é de fundamental importância para o aproveitamento econômico otimizado dos recursos e para a preservação do sistema fluvial do Rio Capivari.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Revisão Bibliográfica

Foi realizado um levantamento de trabalhos acadêmicos realizados pelas instituições de ensino do sul Catarinense, em especial a UNESC. Também foi consultado do banco de dados de direitos minerários do DNPM (SIGMINE) sobre a extração mineral ocorrida nos últimos anos na região do Município de Armazém-SC. O acesso ao conteúdo bibliográfico foi realizado por meio dos Portais de Periódicos CAPES, *ScienceDirect*, boletins *on-line* do *Geoscienceworld*. Também foi consultada a legislação estadual vigente e o Código de Mineração da Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967.

4.2 Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado em 2 dias, com visita em todos os locais de extração de areia, tomada de fotos e descrição de sedimentos arenosos nos pontos de extração. Localmente foram analisados os sedimentos que compõem o sistema fluvial e a morfologia dos canais e geometria dos corpos sedimentares que compõem esse sistema (Miall, 1996; Reineck & Singh, 1980) e outros depósitos que ocorrerem associados para entender o contexto geológico local. Também foram coletadas informações acerca do método de extração, do maquinário utilizado e das etapas de mina pela qual o sedimento passa até a venda.

4.3 Análise Granulométrica

Foi realizada uma caracterização dos sedimentos situados nos portos de extração do Rio Capivari com escalas mesoscópicas de mão e lupa de bolso que amplia a imagem em até 10x. Não foi realizado peneiramento ou outros métodos laboratoriais devido ao prévio conhecimento da mineralogia que compõe o minério. A caracterização teve um foco macroscópico para associá-la à análise granulométrica. A escala para caracterização dos grãos foi a de Wentworth (1922) capaz de caracterizar sedimentos da fração cascalho até argila. Foram coletadas 10 amostras de mão, uma em cada ponto de extração de areia para análise da heterogeneidade granulométrica ao longo do rio.

5. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área onde foi realizado este trabalho está situada próximo à entrada do município de Armazém-SC, e faz parte de um requerimento DNPM nº 815.082/1998 que possui concessão de lavra para areia. Os locais de extração situam-se ao longo do Rio Capivari (Figura 1). O acesso à área pode ser feito a partir da sede municipal, através da Rodovia Estadual SC 431 que interliga o centro urbano às diversas vicinais que dão caminho às margens do Rio Capivari.

O Município de Armazém, está localizado na região central da Bacia Hidrográfica do Rio do Tubarão e Complexo Lagunar, distante 27 km de Tubarão e 153 km de Florianópolis. A área alvo deste projeto encontra-se situada na região sudeste da área urbana do Município de Armazém. O escoamento da produção da mina é realizado utilizando as rodovias estaduais de forma a abastecer o município de Armazém e os municípios circunvizinhos. O custo com o frete é um dos principais elementos limitadores para o escoamento da produção para municípios consumidores distantes. A poligonal da área compreende uma área com 339,00 ha, cujos limites são assim determinados:

DATUM: SIRGAS 2000

Cordenadas Geográficas do Ponto de Amarração (P.A.):

Latitude: 28°18'0.14"S

Longitude: 49°01'2.99"O

Tabela 1 – Descrição da poligonal pertencente à Cambirela Extração Ltda. Processo DNPM nº 815.082/1998.

Lado	Do Vértice	Ao Vértice	Rumo	Distância (m)
1	01(P.A.)	02	N	3.241,00
2	02	03	E	1.560,00
3	03	04	S	698,00
4	04	05	W	788,00
5	05	06	S	1.487,00
6	06	07	E	327,00
7	07	08	S	1.031,00
8	08	01(P.A.)	W	1.114,00

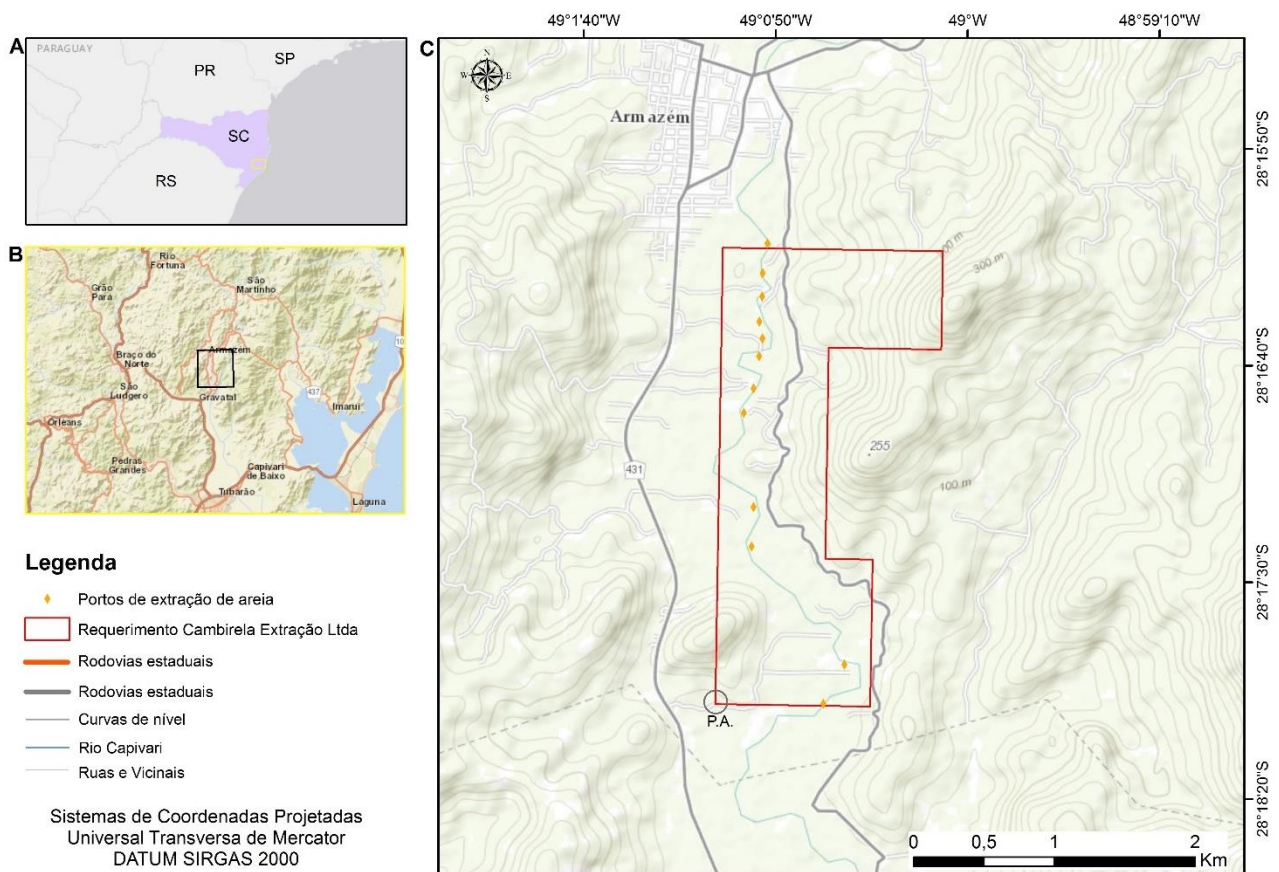


Figura 1 – (A) Localização da área de estudo no Estado de Santa, (B) entre os municípios de Armazém e Gravatal. (C) Requerimento da empresa Cambirela Extração Ltda e localização dos portos de extração de areia.

6. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

6.1. Uso e Ocupação do Solo

A caracterização do uso do solo no sítio foi realizada através de reconhecimento preliminar da área ao qual possibilitou a constatação de que a área do requerimento da Cambirela e seu entorno imediato é ocupada, basicamente, por pastagens e alguns cultivos agrícolas e as habitações são esparsas, apesar de estar situada próximo da entrada da cidade de Armazém. Em termos gerais a fertilidade natural desses solos, determina a utilização agrícola local, ou seja, áreas de baixadas (mais férteis) a agricultura de cereais (EXTERCKOTER, 2002). Na década de 50, com o advento dos agrotóxicos e seu uso indiscriminado, juntamente com a prática das queimadas, ocorreu um acelerado processo de degradação do solo (Comitê da Bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, 2002). Basicamente toda a área de encosta da região é de origem granítica e tem como tipo de solo o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, que tem como principais características um gradiente textural abrupto, horizonte A franco-arenoso de cor escura, horizonte B muito argiloso com coloração avermelhada, profundo, fortemente ácido, e relevo fortemente ondulado (EMBRAPA, 1999). Sobre a planície de inundação tem-se a provável presença de solos de dois tipos. De ocorrência restrita à proximidade do rio, tem-se Neossolo Flúvico, formado a partir da disposição de materiais de enchente, de origem diversa, arenosos e argilosos, muito frágeis à erosão. Numa posição mais afastada do rio e por isso mais preservados, tem-se o Cambissolo, também formado a partir de materiais de enchentes, que podem apresentar boa fertilidade. Estão sujeitos a enchentes e uso como pastagem ou lavouras, sem resistir ao uso contínuo de lavouras (MARCELINO, 2013).

6.2. Vegetação e clima

O município de Armazém está inserido em uma região de floresta ombrófila densa, na região da floresta estacional decidual de agricultura e cultura cíclicas (SANTA CATARINA, 1986), sob clima Subtropical Úmido, com verão quente. A vegetação natural da área apresenta-se bastante descaracterizada devido à constante ocupação antrópica na região. Tal fato permite inferir que a vegetação atual e remanescente é secundária. A cobertura vegetal original foi descaracterizada pela ocupação humana, inicialmente pelas atividades agropastoris e extrativistas comerciais, e atualmente pela expansão urbana, industrial e do agronegócio (SANTA CATARINA, 1986).

A precipitação anual é em torno de 1.300 mm, no mês de fevereiro tem-se a maior média de precipitação, 165 mm/mês e no mês de junho tem-se a menor média de precipitação, 70 mm/mês. O maior incremento da precipitação em Armazém ocorre na primavera, sendo de 1,2 mm por ano. De dezembro a março tem-se as precipitações máximas anuais e as maiores precipitações na sub-bacia

do Rio Capivari ocorrem na sua cabeceira, no município de São Bonifácio, com diminuição gradativa ao longo da sub-bacia (Figura 2). Isto faz com que as inundações no município de Armazém sejam influenciadas pelas precipitações máximas em São Bonifácio, cuja precipitação anual é de 1850 mm e a maior precipitação mensal é de 230 mm, com ocorrência em fevereiro (SANTA CATARINA, 2002). Os meses de primavera e verão constituem de 70 a 80% da precipitação total e o número de meses com precipitações inferiores a 60mm varia de três a cinco; as temperaturas médias apresentam maior oscilação. O município de Armazém apresenta temperatura média anual de 19,1°C, temperatura média das máximas de 24,2°C e temperatura média das mínimas de 15,3°C (EPAGRI, 2013).

6.3. Caracterização Hidrográfica

A área de requerimento da Cambirela Extração Ltda está localizada na sub-bacia hidrográfica do Rio Capivari (SANTA CATARINA, 2002). Este rio possui extensão de 125 km metros e nasce nos limites dos municípios de Anitápolis e São Bonifácio. Entre as cidades de São Bonifácio e São Martinho o Rio Capivari entra em um vale profundo, com as margens muito preservadas, tendo um desnível de 350 m entre as duas cidades. Nesse trecho existem muitos morros íngremes na margem, que podem chegar a 750 m acima do nível do mar, sendo que o curso fluvial médio está a 350 m acima do nível do mar (SANTA CATARINA, 2002).

O Rio Capivari, ao final de seu curso, desagua na foz do Rio Tubarão. A bacia hidrográfica do Rio Tubarão e complexo Lagunar, abrange cerca de 5.959,97 km² e é composta de outros 3 principais rios: Rio Tubarão, Rio Braço do Norte e Rio Dutra. De acordo com o diagnóstico Geral das Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina (SDM, 1997), esta bacia hidrográfica compõe a região hidrográfica RH9 do estado de Santa Catarina (Figura 2).

A utilização principal das águas do Rio Capivari é para fins agropecuários, particularmente na dessedentação de animais, estando diretamente correlacionado com a utilização principal do solo, que é para pastagens, tendo em seguida a utilização para irrigação de pequenos cultivos de culturas de ciclo curto, como horticultura. Devido a sua posição geográfica, afastada de grandes centros urbanos habitacionais, Rio Capivari não possui características de usos como recepção, diluição e transporte de esgotamento sanitário. Não recebe, portanto, relevantes cargas de esgotos, a exceção somente de algumas habitações ribeirinhas ao longo de seu curso. A água utilizada para consumo é de pequenas nascentes localizadas na região.

Tratando-se somente da drenagem da frente de lavra, tem-se que a mesma será drenada para uma pequena bacia de acumulação de sedimentos, através de um canal artificial, aberto para esse

6.4. Aspectos Geomorfológicos

O relevo do município de Armazém é constituído por planícies associadas a vales encaixados resultantes da dissecação fluvial. Apresenta regiões submetidas à dissecação fluvial, formadas a partir do substrato composto de rochas graníticas do Granito Imaruí-Capivari pertencente à Suíte Intrusiva Pedras Grandes (SILVA, 2000).

O relevo regional mostra-se muito acidentado, com altitudes variando entre 20 e 750 m acima do nível do mar. Este relevo insere-se na unidade geomorfológica Serra do Tabuleiro, integrante da região geomorfológica das Serras do Leste Catarinense (SANTA CATARINA, 1986). Esta região de serra se estende desde as imediações de Joinville até a região ao sul de Tubarão, formando uma sequência de elevações dispostas de forma paralela e/ou subparalela, segundo antigas zonas de fraturas do embasamento ou falhas mais jovens (HERRMANN & ROSA, 1990). Imediatamente sobre estes morros de origem granítica forma-se o solo do tipo Argissolo Vermelho Amarelo Álico, caracterizado por atividade baixa a moderada, textura média/argilosa cascalthenta, relevo ondulado (SANTA CATARINA, 1986).

A área de estudo localiza-se entre estas regiões graníticas e faz parte da planície de inundação do Rio Capivari que possui cotas variando de 20 e 350 m. Esta planície é composta de depósitos colúvio-aluvionares, que assim como quase toda a área urbana do município de Armazém, situa-se na Planície Colúvio Aluvionar, da região geomorfológica das Planícies Costeiras do Sul de Santa Catarina (SANTA CATARINA, 1986).

6.5. Geologia Regional

A geologia regional da área de estudo constitui-se de rochas granitóides relacionadas ao magmatismo do Ciclo Tectônico Brasileiro (700–450 M.A.), portanto, de idade do Proterozóico Superior ao Eo-Paleozóico, e por sedimentos inconsolidados de idade Quaternária. A seguir, descrevem-se sucintamente as unidades geológicas presentes na área estudada. A caracterização das unidades baseou-se no trabalho de SILVA (2000), que mapeou a Folha de Criciúma SH.22-X-B, na escala 1:250.000, e no trabalho desenvolvido na Bacia do Tubarão por KREBS (2004).

6.5.1. Granito Santo Antônio

O Granito Santo Antônio é composto de sieno e monzogranitos, e localizadamente de granodioritos e quartzomonzonitos, de cores cinza, com biotita de frequência variável (5% a 30%) até termos leucocráticos. São porfiroclásticos, grossos a médios, com fenoclastos (1 a 5cm) de feldspato alcalino e teor em volume variável desde dominantes a subordinados em relação a uma matriz média a fina. Constituem principalmente augen-gnaisses e milonitos, além de

protomilonitos, protocataclasitos até granitos porfíricos sem deformação. Ocorrem dispostos em bandas desde centimétricas até com dezenas de metros de espessura e apresentam uma foliação/bandamento vertical, geralmente marcante. A mineralogia dos corpos podem variar entre metaluminosa ou não, com biotita (\pm hornblenda) e os acessórios \pm titanita \pm allanita \pm apatita, zircão e \pm fluorita. Esporadicamente existem enclaves localizados (NE de São Martinho-SC) de rocha rica em biotita, de máfica/ultramáfica, gnaiss máfico e quartzodiorito. Ocorre texturas de fluxo ígneo em intensidades variáveis. No sul onde aflora o granito, há tendência para exclusivos sieno e monzogranitos, leucocráticos, com foliação moderada (SILVA, 2000).

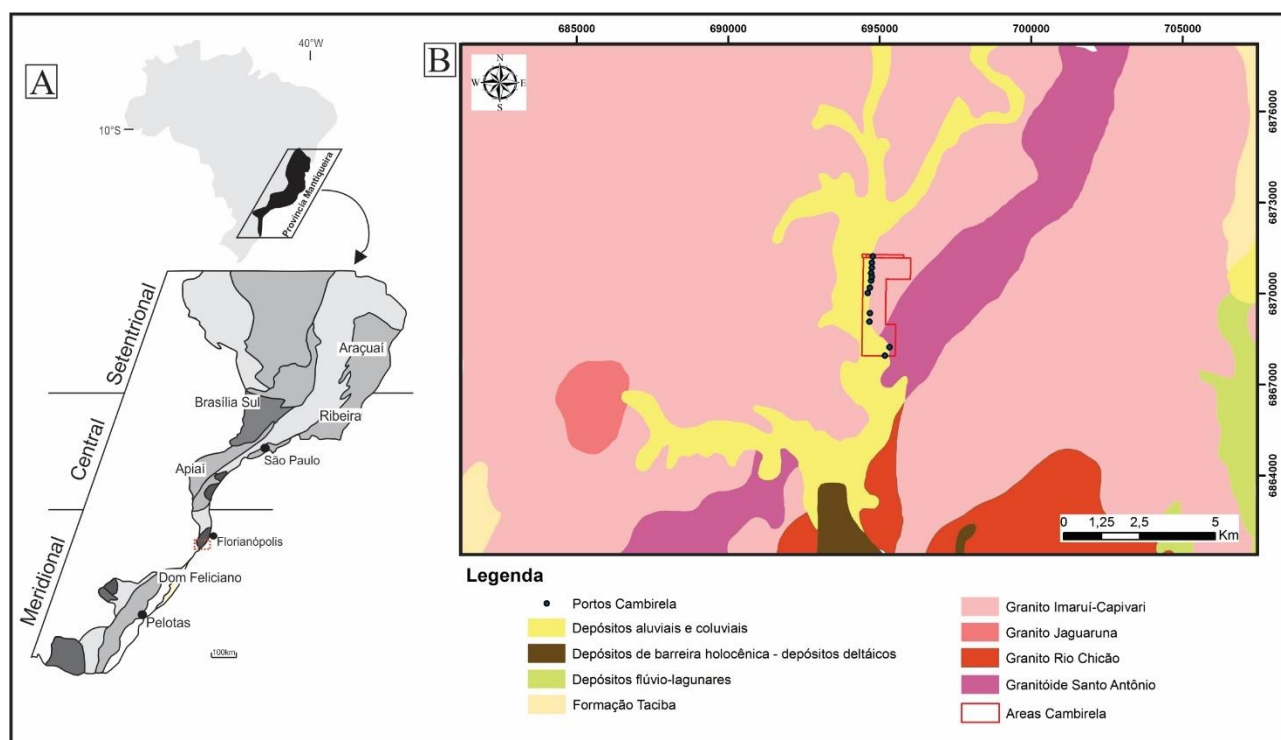


Figura 3 – A) Mapa Geológico da Região de estudo situada na porção meridional da Província Mantiqueira; B) Geologia local com destaque para a área de requerimento onde foi feito o estudo situada em terreno granítico com depósitos inconsolidados. Fonte: Perrota *et al* (2004)

6.5.2. Granito Imaruí-Capivari

O Granito Imaruí - Capivari, originalmente denominado de fácies Imaruí por CASTRO & CASTRO (1969), é descrito como granito grosseiro a muito grosseiro, porfíroide, com fenocristais de feldspato alcalino e quartzo (mais raro), matriz grosseira a biotita, isótropo. Este mesmo granito foi denominado Capivari por TRAININI et al. (1978). Constitui a unidade de maior expressão da Folha Criciúma, compreendendo a extensão sul dos granitos Capivari e Serra do Tabuleiro. Este

último tem sua maior parte de exposição na Folha Florianópolis. Junto à área estudada, forma pequenos morros isolados por sedimentos holocênicos.

Este batólito granítico se constitui predominantemente de sieno e monzogranitos de cor cinza a rosa, de textura porfirítica, granulação grossa à média, às vezes pegmatóide, com abundantes fenocristais de feldspato alcalino, com dimensões entre 1 e 5cm, que ocupam, em volume, 30% a 80% do total da rocha. Podem ocorrer também fenocristais de plagioclásio e quartzo em quantidades e tamanho reduzidos. A matriz quartzo-feldspática, de granulação média à grossa, tem a biotita como principal varietal, em proporções entre <5% até 10%.

Os fenocristais de feldspato alcalino se encontram, por vezes, grosseiramente alinhados numa foliação descontínua gerada por fluxo magmático. Localmente a rocha se apresenta levemente deformada, mostrando texturas protoclasticas a protomiloníticas. A textura porfirítica dominante transiciona em áreas restritas para termos equigranulares e seriados, grossos a médios (SILVA, 2000).

6.5.3. Granito Jaguaruna

O granito Jaguaruna atualmente é considerado uma variação do Granito Imaruí-Capivari (SILVA, 2000). São sieno e monzogranitos geralmente leucocráticos, com cristais equigranulares médios a grossos, localmente seriados ou porfiríticos e aparentando cor cinza a rosa. Raramente possuem textura rapakivi. A mineralogia dos corpos indica granitos metaluminosos com biotita (de < 5% a 10%), rara hornblenda e os acessórios allanita e titanita freqüentes, além de apatita, zircão, fluorita e opacos. Estes corpos não são orientados, e raramente podem apresentar enclaves máficos. O grau de deformação é protoclastica moderada. Os contatos com unidades adjacentes são transicionais e localmente bruscos.

6.5.4. Granito Rio Chicão

O Granito Rio Chicão é uma unidade composta de sienogranitos e monzogranitos subordinados, de cor cinza-claro, com biotita e geralmente leucocráticos. São granitos porfiríticos com esparsos fenocristais de feldspato alcalino (0,5cm a 2cm e com teor em volume de 2% a 20%) subordinados em relação a uma matriz seriada, média a fina, caracterizando textura subvulcânica (SILVA, 2000). Texturas rapakivi muito raras e localizadas. Mineralogia indicativa de rocha metaluminosa com biotita e os seguintes acessórios: fluorita, allanita, apatita, zircão, titanita e opacos.

6.5.5. Depósitos de Leques Aluviais

De acordo com KREBS (2004), esses depósitos ocorrem ao longo do vale do rio Tubarão, próximo à cidade homônima, e ao longo do vale do rio Capivari. São depósitos em forma de rampa, próximos às encostas do embasamento, formados a partir de processos gravitacionais e aluviais de transporte de material. As litologias resultantes são cascalhos, areias e lamas. A implantação deste sistema ocorreu provavelmente no Plioceno e os processos responsáveis por sua gênese perduram por todo o Cenozóico, podendo ser constatados ainda hoje.

Os depósitos se relacionam a processos de fluxos gravitacionais e processos fluviais que resultaram a formação de extensos depósitos, cobrindo grande parte da região costeira na época da primeira grande regressão pliocênica (BIGARELLA & ANDRADE, 1964).

6.5.6. Depósitos Fluviolagunares

Esses depósitos correspondem aos depósitos paludiais, que englobam turfeiras, pântanos e alagadiços, constituindo-se de turfas ou depósitos de lama muito ricos em matéria orgânica. Sua origem está associada ao processo natural de colmatação de corpos aquosos costeiros, os quais vão sendo progressivamente vegetados à medida que suas lâminas de água diminuem (COCALIT, 2010).

Sabe-se que nestes ambientes flúviolagunares ocorre um conjunto complexo de fácies fluviais, lagunares e de outros ambientes laterais associados os quais se interdigitam e/ou transicionam entre si. Do ponto de vista litológico, trata-se de depósitos de turfa, intercalados com argilas ricas em matéria orgânica.

6.5.7. Depósitos Fliviodeltáico-Marinhos

CARUSO Jr (1995), realizou várias sondagens na planície deltáica do rio Tubarão, sobre a qual se posiciona a área estudada, e verificou que alguns furos apresentavam níveis arenosos, associados a materiais biodetríticos que se intercalam com os depósitos lamosos. De acordo com o referido autor, este fato permite inferir que após a transgressão marinha de 5.150 anos atrás, pelo menos uma oscilação positiva do nível do mar ocorreu, inundando a planície deltáica.

7. RESULTADOS

Na área de estudo o Rio Capivari apresenta-se meandrante com vários depósitos de barra de meandro ao longo da planície aluvionar entre as cidades de Armazém e Gravatal, formando meandros abandonados na porção norte da área de requerimento (Figura 1). O sistema fluvial meandrante é caracterizado por alta sinuosidade de seus canais e menor energia de transporte (Figura 4), em comparação com os demais sistemas, entrelaçados e anastomosados (Miall, 1996). No caso específico do Rio Capivari, o sistema meandrante se instalou em uma região afastada das cabeceiras e que desemboca suas águas com alta energia por todo seu curso até o encontro com o Rio Tubarão.

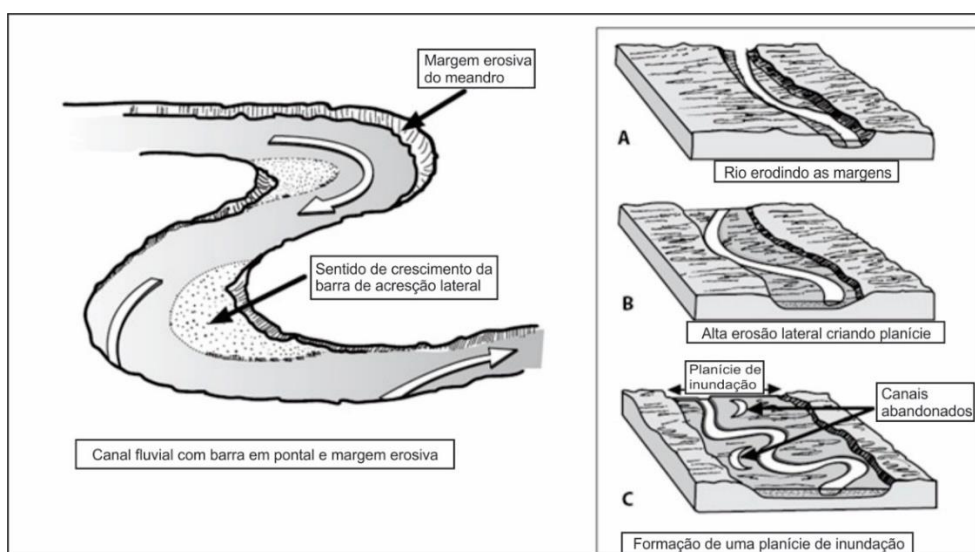


Figura 4 – Ilustração esquemática da evolução de rios meandrantes. Em A, B e C respectivamente a evolução da erosão das margens de uma planície onde o rio está encaixado até o estágio senil em C.

A carga sedimentar do Rio Capivari é elevada e transporta parte do material de desagregação das cabeceiras do rio, composto de saprólito advindo da alteração do Granito Capivari. Também são carreadas argilas em suspensão, depositadas somente nas épocas de cheias do rio e seu transbordamento. As argilas são provenientes também da alteração dos feldspatos que constituem o granito supracitado e que ocorre em toda a região da cidade de Armazém.

Os locais de extração de areia estão situados na porção emersa das barras de acreção lateral de meandros do Rio Capivari (Figura 5). O fato de exploração de areia diminuir o aporte de sedimentos nas prainhas e o volume de material nestes locais, passa a ser um ponto positivo a favor da preservação das margens, pela diminuição da energia nas margens opostas às barras de acreção lateral (Figura 5).

O minério é constituído de areia composta de grãos de quartzo e feldspatos e texturalmente imaturos, o que evidencia uma relação de proximidade com suas fontes. A granulometria de areia

grossa à grânulos (Figura 6) e ausência dos depósitos de granulometria fina demonstra o caráter constante da energia e fluxo sedimentar que alimenta estes rios.

Quanto aos processos de erosão de margens opostas às prainhas, estas são vistas como influenciadas pelos processos de transbordamento de canal, que impõem alta energia de fluxo e grande volume de recursos hídricos às margens aluvionares deste rio.

A recomposição das margens em que ocorrem meandros é constante, algumas vezes, com esporádica regeneração total devido a transbordamentos. No rio Capivari, o sistema fluvial evoluiu somente ao estágio inicial do sistema meandrante, onde a planície de inundação é estreita ou inexistente e os transbordamentos são de cheias torrenciais.



Figura 5 – Barra em pontal que constitui a frente de lavra junto ao canal fluvial do Rio Capivari. Ao fundo, taludes instáveis compostos de sedimentos quaternários.

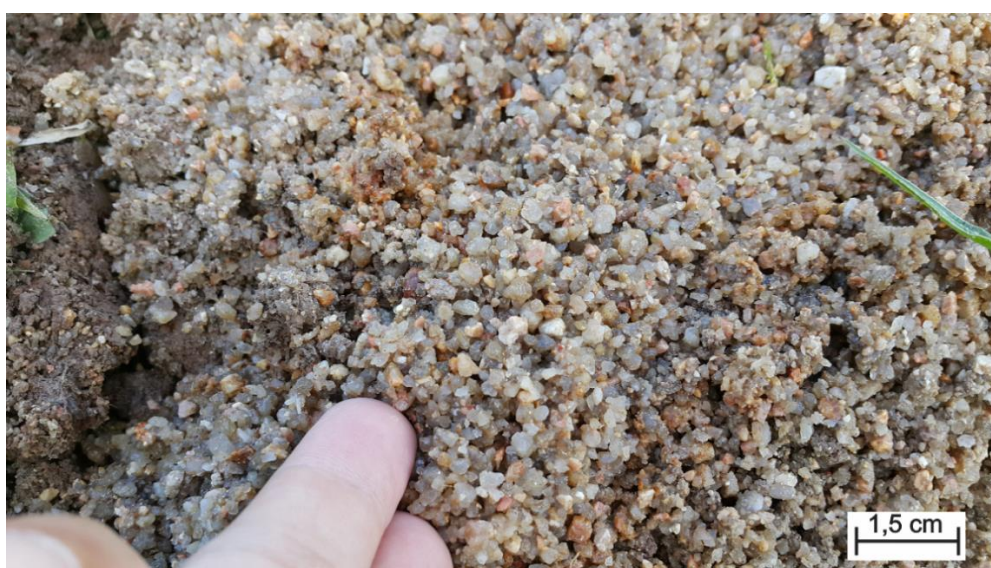


Figura 6 – Imagem dos grãos de tamanho areia muito grossa de uma das frentes de lavra. O material ainda possui umidade e não sofreu peneiramento.

8. PLANO DE LAVRA

Basicamente, esse plano tem a finalidade de apresentar a metodologia utilizada na extração do bem mineral, além, do seu aproveitamento adequado, visando no contexto geral, o máximo de aproveitamento das substâncias minerais úteis existentes e a obtenção do máximo de recuperação visando o prolongamento da vida útil da jazida. O plano de lavra também advoga em pró do controle sobre os impactos ambientais gerados, segurança das populações vizinhas e dos operários envolvidos nos trabalhos de extração.

Este plano de lavra envolve não somente as etapas da lavra em si, com desmonte, carregamento e transporte, mas, também, etapas de desenvolvimento, que antecedem ou são realizados concomitantemente a lavra, com a finalidade de preparar a jazida para facultar as fases seguintes.

Em função das características geológicas e topográficas da jazida, o método de lavra a ser empregado deverá ser a mineração a céu aberto em tiras, considerando-se que a areia apresenta uma espessura média elevada ao longo dos portos cubados.

A empresa disponibilizará de uma pá-carregadeira para o carregamento de caminhões basculantes com capacidade de 9, 15 e 30m³ (Figura 7), que deverão realizar o transporte da areia até os centros consumidores, ficando o frete a cargo dos clientes.



Figura 7 - Retroexcavadeira e caminhões responsáveis pelo transporte de areia em operação. (Fonte: MARCELINO, 2013).

8.1. Operações Unitárias de Lavra

O acesso à área já se encontra bem definido. Desta forma, será necessária ampliação para uma largura compatível ao cruzamento de dois caminhos para transporte da areia, somente se requisitado e com anuência do órgão ambiental competente, não havendo atualmente tal necessidade, devido à modalidade de lavra empregada.

Existem trilhas que cortam toda área, sendo elas os principais acessos para as demais partes da mesma. Tais acessos se prestarão ao tráfego periódico de máquinas, caminhões, insumos e para o transporte de pessoal. As seguintes medidas deverão ser adotadas:

1. Adequação dos raios de curvatura das curvas às manobras seguras para os veículos de transporte;
2. A pista de rolamento deverá ser constantemente aplainada e as curvas construídas com pequenos gradientes voltados para o interior das encostas, no sentido transversal à pista, para anular a força centrífuga que tende a jogar o veículo em movimento para fora da estrada;
3. As vias deverão ser sinalizadas com placas educativas e de advertência, indicando velocidades máximas permitidas, áreas de risco de acidentes devido à atividade da lavra, além de locais apropriados para o estacionamento.
4. Tais medidas são fatores importantes para um transporte rápido, seguro e econômico, que visam minimizar desgaste dos equipamentos e para a manutenção da regularidade dos ciclos e eficiência do transporte.

8.2. Método de Lavra

A metodologia de extração é relativamente simples, pois trata de uma jazida de areia que devido a sua natureza topográfica e geológica, favorece sua exploração de forma econômica. A produção poderá aumentar conforme a demanda de areia pela indústria da construção civil, mas tal aumento deva estar compreendido nos limites especificados na área de requerimento já estabelecida e concedida pelo DNPM.

A método de lavra empregado será a lavra por tiras em cava, em que será empregada pá-carregadeira para o carregamento dos caminhões basculantes de 12 toneladas a partir de pilhas de areia (Figura 8). Será feita extração no leito do rio próximo a margem somente até o limite de alcance da pá carregadeira, sem a entrada do sistema de rolagem desta na água. A quantidade de material lavrada será consistente com o nível de recarga do leito, seja pelo fluxo perene ou pelas cheias torrenciais. O avanço da lavra, ainda que de forma seletiva, deverá retirar toda a areia disponível obtendo o máximo de recuperação. A profundidade média do perfil de extração é de

3,0m. Nesta modalidade de lavra não haverá necessidade de promover a suavização de taludes, pois a lavra será principalmente nas praias e junto ao leito, que devido às recargas constantes de areia, manterá o nível batimétrico relativamente constante.



Figura 8 – Pilhas de areia expostas para secagem e transporte nas margens do rio.

A lavra irá contar com a observação constante da equipe de extração, que medirá constantemente o nível do leito fluvial, para que não se extraia areia acima de um limite que leve a baixas taxas de recomposição deste leito. Tal procedimento será simplificado e feito com régua de madeira e marcos de onde já houve a extração. A medição será feita constantemente, seja no início da extração de uma margem ou ao final do procedimento, sempre evitando o excesso de retirada.

Praticamente todo material explotado será aproveitado na lavra, pois a recuperação na lavra deverá ser da ordem de 95%, não havendo, portanto, geração de grande quantidade de estéreis e rejeitos. A areia será submetida somente à peneiramento para retirada de estéril e compostos orgânicos que contaminem o minério. O peneiramento será feito com peneiras comuns de 1m², nas quais a areia é jogada na peneira pela retroescavadeira e depois transportada para estocagem e carregamento.

O aproveitamento das camadas pedológicas deverá ser o máximo, pois, as camadas superficiais (1,5cm de solo orgânico) terão como destino os depósitos especiais e futuro recapeamento das áreas em recuperação ambiental.

8.2.1. Seleção das Frentes Iniciais de Lavra

Como mostrado na Figura 1, as coordenadas UTM/SIRGAS 2000 das prainhas (frentes de lavra) passíveis de serem exploradas são:

Frente 1: 49° 0' 51,376" W 28° 16' 13,579" S

Frente 2: 49° 0' 53,019" W 28° 16' 39,641" S

Frente 3: 49° 0' 34,783" W 28° 17' 59,637" S

Frente 4: 49° 0' 53,134" W 28° 16' 31,679" S

Frente 5: 49° 0' 52,481" W 28° 16' 20,467" S

Frente 6: 49° 0' 52,527" W 28° 16' 25,883" S

Frente 7: 49° 0' 52,220" W 28° 16' 35,560" S

Frente 8: 49° 0' 53,820" W 28° 17' 14,490" S

Frente 9: 49° 0' 56,763" W 28° 16' 52,796" S

Frente 10: 49° 0' 54,317" W 28° 16' 47,112" S

Frente 11: 49° 0' 54,193" W 28° 17' 23,599" S

Frente 12: 49° 0' 29,461" W 28° 17' 50,480" S

8.2.2. Preparação da Frente de Lavra

Definido o alvo inicial da extração, será procedida preparação da frente de lavra e a liberação da camada de Areia a ser lavrada pela retirada da cobertura de solo orgânico (15cm). As prainhas serão aplainadas para trânsito de maquinário, sempre que necessário.

8.2.3. Limites de Lavra

As prainhas são estáveis e quando aplainadas para exploração da areia das margens (Figura 9), oferecem resistência e estabilidade para sustentação do maquinário utilizado na lavra. Os limites para extração foram demarcados em pontos a montante e jusante destas prainhas logo no limite onde elas emergem do rio Capivari.

8.2.4. Carregamento e Transporte da Areia

A operação de corte e carregamento será promovida pela retroescavadeira que dispõe de uma concha dianteira para o carregamento dos caminhões encarregados do transporte até os centros consumidores. A quantidade de material extraído e carregado irá girar em torno de 3000 metros cúbicos/mês, podendo aumentar ou diminuir de acordo com a demanda e aporte de sedimentos disponíveis para extração.



Figura 9 – Extensão do depósito de areia e, no detalhe, a imagem da margem com baixa profundidade.

8.2.5. Seleção dos Equipamentos de Lavra

Os equipamentos de lavra consistem de caminhões para o transporte e pá-carregadeira com a finalidade de desagregar a Areia, que se encontra em estado de com compactação natural, causado pelas camadas superiores, e carregar os caminhões. Possivelmente os equipamentos devem ser novos, embora exijam maiores investimentos iniciais, mas reduzirão significativamente o custo de manutenção mecânica, devido à baixa reposição de peças e diminuição das paralisações durante a lavra, relacionadas aos problemas mecânicos, que comumente ocorrem quando se utilizam equipamentos usados.

Seguem agora os principais equipamentos que serão utilizados nas operações mineiras em cada frente de lavra:

01 pá-carregadeira

02 caminhões basculantes.

8.2.6. Mão-de-obra

O objetivo social de um empreendimento mineiro é promover o progresso na região onde se encontra inserido, com o máximo de aproveitamento da mão-de-obra local, como meio para elevar o padrão de vida dos moradores da área de influência, sem que com isto comprometa o objetivo econômico do empreendimento.

A população do que situa-se na região da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão soma 247.883 habitantes (IBGE, 2000). A população beneficiada encontra-se principalmente em Armazém e suas cercanias, mais possuindo influência direta e indireta para além das fronteiras do município. Os profissionais contratados são advindos do próprio município de Armazém e cidades vizinhas, não

havendo escassez ou dificuldade em contratação da mão de obra necessária para as operações de lavra, beneficiamento e transporte.

8.2.7. Higiene e segurança

São medidas que visam boas condições de trabalho e saúde dos operários. Têm como base o controle das condições ambientais relativas às emissões de poeira, ruídos e lixos produzidos na mina, bem como, a segurança de todos os operários e trabalhos que serão desenvolvidos, cuidados especiais com operações do equipamento pesado, operando em condições adversas. Portanto, merecedores de uma apropriada manutenção preventiva e corretiva para minimizar ou mesmo anular os impactos negativos.

Todas as instalações de uso pessoal deverão ser vistoriadas com regularidade, principalmente o refeitório e o sanitário que terão limpeza diária e manutenção permanente.

O lixo produzido na mina deverá ser previamente classificado e acondicionado temporariamente em tambores de 200 litros. As sucatas serão depositadas em área limpa para esta finalidade e interior ao depósito.

A poeira, geralmente, é produzida pelo trânsito dos equipamentos nas vias de circulação, pelo revolvimento de solos e estéreis e na própria frente de lavra. Embora com efeitos localizados, elas podem se depositar sobre as folhas das plantas causando inúmeros prejuízos.

Nos homens, as poeiras podem ser inaladas pelas vias respiratórias causando irritação das mucosas e até mesmo provocar doenças respiratórias.

A eliminação das poeiras deve ser feita, de preferência, nos próprios locais de sua formação, uma vez que, após a dispersão pelo ambiente se torna difícil de eliminá-las. Uma medida de controle, simples, eficaz e de baixo custo, consiste na aspersão de água sobre as vias de circulação, praça de trabalho, e em áreas decapeadas.

Para segurança do operário é aconselhável, além de uma reduzida exposição às poeiras, que os mesmos recorram à proteção individual, com uso de máscaras e óculos especialmente concebidos para este fim.

Como medida que atenuar tais emissões gasosas, propõe-se que seja realizada a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos, mantendo-se os motores sempre regulados. Outra medida importante e prevista por lei, trata-se do uso de equipamentos de proteção respiratória, onde se utilizam máscaras, visto que o local é propenso à liberação de gases e materiais particulados finos (poeiras) com alto teor de sílica.

Os ruídos e vibrações são ocasionados pela movimentação de máquinas. Estes ruídos medidos no ambiente de trabalho dos operários, conforme medições realizadas em atividades similares foram registrados e estão na faixa de 80 a 112dB (decibéis), e, portanto, acima da média

de tolerância humana, que pela legislação trabalhista, o limite máximo é de 85 dB, com uma exposição diária permissível máxima de 8 horas, constituindo-se um fator de risco à saúde podendo provocar, dessa forma, a perda auditiva.

Como medidas mitigadoras, serão implantadas dentro do ambiente de trabalho, o uso de equipamentos de proteção auricular.

Quanto à segurança dos trabalhos, é necessário que as operações mineiras sejam realizadas de forma mais segura possível e confiadas somente às pessoas habilitadas para exercerem a função que lhes forem destinadas. O uso de equipamentos de proteção individual (EPI's) é imprescindível ao operário e será tratado no item a seguir.

8.2.8. Equipamentos de Proteção Individual (EPI's)

São tratados no âmbito da Legislação Trabalhista e da Medicina do Trabalho, através das normas reguladoras NR-06 aprovadas pela Portaria 3.214/04, de 08/06/78 (Lei 6.514, de 22/12/77), do Ministério do Trabalho. A empresa será obrigada a fornecer gratuitamente aos empregados, os EPI's, em perfeito estado de conservação e funcionamento, para não colocar em risco a integridade física do trabalhador e neutralizar os agentes insalubres.

Seguem, abaixo, os devidos EPI's, conforme a necessidade de proteção dos trabalhadores das atividades perigosas e insalubres que serão desenvolvidas na pedreira:

(1) Proteção para a cabeça

- óculos de segurança contra poeira e pequenos fragmentos de rocha.
- capacete de segurança para proteção do crânio, que de acordo com a NR-06, é indispensável aos trabalhadores a céu aberto;

(2) Proteção para as mãos

- luvas de couro para evitar lesões provocadas por materiais escoriantes, abrasivos, cortantes ou perfurantes;

(3) Proteção para os pés

- botas com biqueira de aço para locais passíveis de riscos de queda de materiais pesados;

(4) Proteção auditiva

- protetores auriculares para trabalhos realizados em locais onde o nível de ruído seja superior ao estabelecido na NR-15;

(5) Proteção respiratória

- utilização de máscaras, visto que o local é propenso a liberação de poeira, com alto teor de sílica, causadora da silicose;

(6) Proteção contra chuvas

- capas e botas impermeáveis.

9. ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

O objetivo desse capítulo será a descrição dos impactos ambientais promovidos pela atividade de lavra de areia, considerando sua interferência no meio ambiente e as medidas necessárias à mitigação dos impactos.

*Produção de Rejeitos

Praticamente não existem, haja vista que na lavra de areia, quase não se produzirá rejeitos, pois, o aproveitamento do mineral é da ordem de 98%.

*Ruídos e Vibrações

Praticamente não existe, pois, não são utilizados explosivos no método de lavra, portanto, não há produção de vibrações e de ondas de sobre-pressão. O ruído será desprezível, somente sendo considerado os dos equipamentos utilizados como pá-carregadeira e caminhões.

*Emissão de Material Particulado

Esse impacto ocorre e é considerado de pequena magnitude em relação a outras atividades minerais. As emissões de pó ocorrem na etapa de carregamento, na raspagem e carregamento de caminhões, no trânsito de equipamentos e caminhões nas vias de acesso e pátio de operação na frente da lavra. Esse impacto pode ser amenizado com a umectação das vias de servidão interna e externa da jazida e a implantação de cinturões vegetacionais. É importante ressaltar que o material particulado oriundo das emissões identificadas no processo extrativo não sofre nenhuma transformação química em substância química nociva ao meio ambiente.

*Impacto Sobre a Paisagem Local

As alterações morfológicas são efeitos inerentes desse tipo de empreendimento de extração mineral, pois está relacionado com a remoção de camadas de solo que jamais serão recompostas. A atividade de retirada do solo (horizonte O), em algumas situações irá determinar o completo rebaixamento da elevação a um único piso, e determinará ao final, uma alteração morfológica de alta magnitude, direta, permanente, irreversível e local. Contudo, esse impacto ficará minimizado de acordo com a utilização da futura proposta para a área em questão. Especificamente para o local desse empreendimento, projeta-se um uso futuro para a criação de peixes.

*Impacto Sobre o Solo:

Efetivamente as ações executadas pela mineradora repercutem em modificações no arranjo do solo, com a retirada e exposição de horizontes de solos. A retirada do horizonte superficial, sem o seu devido acondicionamento para uso futuro na recuperação ambiental

da área, apresenta-se como impacto muito importante, uma vez que concentram matéria orgânica e nutriente, sendo ambos importantes na recuperação do terreno. Esses impactos são diretos, imediatos de abrangência local e de média magnitude, reversíveis e temporários. São considerados reversíveis devido à possibilidade do recapeamento da área explorada com camadas superficiais de solo e matéria orgânica, propiciando a implantação da vegetação. A temporariedade está diretamente relacionada com o término da extração e início da recuperação ambiental da área em questão. As mudanças no ambiente físico alterarão sua morfologia, bem como fertilidade, composição química, permeabilidade, teor de água disponível do solo, etc.

9.1. Medidas de Minimização

*Para o Aporte de Sedimentos ao Recurso Hídrico:

Especificamente nesse empreendimento, deverá ser recomposto o talude lateral da margem esquerda do rio, evitando que os sedimentos da cava de lavra sejam carregados para o leito do rio, e possibilitar a formação de substrato para a realização do reflorestamento ciliar.

*Restabelecimento da vegetação, principalmente, nos taludes nos locais lavrados.

*Aplainamento das áreas lavradas e suavização de taludes formados.

*Adequação da drenagem superficial da área lavrada.

*Para Conservação dos Solos e Adequação Paisagística:

Adição de solo orgânico antes da revegetação, pois o original não foi armazenado.

*Revegetar ao longo das margens do rio e áreas já mineradas.

9.2. Cronograma de recuperação

O cronograma está diretamente associado à velocidade de desenvolvimento da lavra, pois, as atividades corretivas são sequenciais as exploratórias, podendo também ser concomitantes, diminuindo assim o espaço de tempo entre a exploração e a recuperação da área. Cada atividade seguirá o projeto de Lavra ou de recuperação pré-estabelecido de acordo com a necessidade.

Tabela 2 - Atividades Sequencias da Mineração de areia de acordo com o período relacionado a lavra.

MEDIDA	PERÍODO
Atividades de extração do Plano de Lavra	Conforme o tempo de duração da Lavra
Implantação do Plano de Controle Ambiental	Concomitante exploração
Implantação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas	Imediatamente após a exploração mineral

9.3. Medidas ambientais

A exploração será efetuada de maneira que não ocorra a descaracterização da paisagem e adoção das medidas de controle e recuperação ambiental recomendadas não trará significativos danos ambientais e, portanto, passível de licenciamento. Portanto, como se destaque para as principais condicionantes ambientais sugere-se:

- Armazenamento da camada orgânica do solo (15 a 20 cm superficiais) em leiras, não superior a 02 metros, ao longo da área a ser posteriormente recuperada;
- Nivelamento da área imediatamente após a extração mineral;
- Revegetar as áreas já exploradas, após a exaustão mineral e aplainamento do terreno;
- Implantar cinturão florestal nas margens da estrada de acesso, utilizando espécies nativas, frutíferas e pioneiras;
- Replantar caso haja mortalidade das mudas plantadas;
- Nos taludes, caso haja, deverá ter uma inclinação de aproximadamente 50° com sistema de contenção de erosão, e revegetados;
- Construir abaixo da área de exploração, sistema de retenção de sedimentos.

10. CONCLUSÕES

A análise feita do contexto geológico da extração de areia, associado o plano de lavra elaborado para padrões de preservação ambiental aceitáveis, permitiu o desenvolvimento das diretrizes para a exploração de areia do Rio Capivari pela Cambirela Extração Ltda.

O sistema fluvial caracterizado como meandrante de alta energia e que possui uma alta taxa de reposição de sedimentos. Este fator permite a constante, porém moderada exploração de areia sem prejuízos para o sistema fluvial ou seu ambiente adjacente, desde que seguidos os padrões ambientais aqui discutidos.

O projeto de Lavra mostra que a viabilidade ambiental da extração de areia é possível somente respeitando os limites da lavra e quantidade de material a ser retirado tendo em vista a constante recuperação do minério para lavra. Este plano estabelece todos os procedimentos de lavra que devem ser adotados para execução das atividades mineiras previstas no Código de Mineração.

Os impactos ambientais determinados são passíveis de recuperação ambiental e é previsto que nenhum grave problema ambiental ocorra na área pela dimensão e porte do empreendimento mineiro, devendo ser o risco de assoreamento do rio Capivari um fator a sempre ser analisado durante as atividades diárias dentro da área das minas.

A mineração da areia, seguindo as diretrizes aqui apresentadas, pode garantir seu contínuo usufruto e preservação ambiental do ambiente e comunidades locais. No quadro atual, a areia é um dos insumos básicos no segmento da construção civil, que por sua vez constitui em uma atividade fundamental no contexto geral, razão pela qual se acredita na viabilidade deste empreendimento. Entende-se que do segmento mineral dependem, direta ou indiretamente, várias outras atividades econômicas.

Conclui-se, portanto, em consequência dos vários aspectos aqui abordados que o depósito de areia analisado apresenta viabilidade técnica e econômica, sendo passível de lavra. As medidas ambientais que serão tomadas garantirão a preservação do meio natural onde ocorrerá a lavra. Tais medidas deverão ser administradas durante todo o período de extração e após este, assegurando a recomposição ambiental no Rio Capivari.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIGARELLA, J. J. & ANDRADE, G. O. Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Instituto de Ciências da Terra, Universidade do Recife: Recife, 1964.
- CARUSO JUNIOR, F. Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina, escala 1: 100.000: texto explicativo e mapa. Brasília: DNPM, 52 p. 1995.
- CASTRO, E.C. & CASTRO, V.H.S. Geologia da Quadrícula de Laguna, SC. Porto Alegre: DNPM, 38 p. 1969.
- COMITÊ DA BACIA DO RIO TUBARÃO E COMPLEXO LAGUNAR. Secretaria de Estado do Desenvolvimento e Meio Ambiente. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Florianópolis, 2002.
- COCALIT – COQUE CATARINENSE LTDA. Relatório Ambiental sobre o diagnóstico hidrológico, hidrogeológico e projeto de remediação para a área da Estiva dos Pregos. Vol 1. 2010.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412 p. 1999.
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. EPAGRI. Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br>>. Acessado em 30 de jul. de 2016.
- EXTERCKOTER, R. K. Rio Capivari: da história de sua degradação às possibilidades de sua recuperação. Departamento de Engenharia Rural, UFSC, Florianópolis/SC. 40 p. 2002.
- HERRMANN, M.L.P.; ROSA, R.O. Relevô. In: Geografia do Brasil, Região Sul, V. 2. IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, p.55-83. 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisas de informações municipais – MUNIC. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. 2000.
- KREBS, Antônio Silvío Jornada. Contribuição ao conhecimento dos recursos hídricos subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá: SC. 2004. 375 p. v. 1. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.
- MARCELINO, I. B. Situação atual do uso das áreas de preservação permanente nas margens do Rio Capivari no perímetro urbano do município de Armazém (sc) e os impactos deste uso. Trabalho de conclusão de curso. UNESC, Criciúma, 89p. 2013.
- MIALL, A.D. The Geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology. Springer Verlag, Berlim, 582p. 1996.

- PERROTTA, M.M., SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C., D'AGOSTINO, L.Z., WILDNER, W., RAMGRAB, G. E., PERUFFO, N., FREITAS, M.A., GOMES, S.D., CHIEREGATI, L.A., SILVA L.C., SACHS, L.L.B., SILVA, V.A., BATISTA, I.H., MARCONDES, P.E.P. Folha Curitiba SG-22. In: SCHOBENHAUS, C., GONÇALVES, J.H., SANTOS, J.O.S, ABRAM, M.B., LEÃO NETO, R., MATOS, G.M.M., VIDOTTI, R.M., RAMOS, M.A.B., JESUS, J.D.A. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. 2004.
- REINECK, H.E. & SINGH, I.R. Depositional sedimentary environments (2nd ed.): New York, Springer-Verlag, 549p. 1980.
- SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. Atlas de Santa Catarina: Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 173 p. 1986.
- SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento e Meio Ambiente. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Tubarão e Complexo Lagunar. Diagnóstico da forma e processos associados à dinâmica fluvial. v. 3. Florianópolis: SDM, 2002.
- SILVA, Marco Aurélio Schneiders. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. Criciúma, Folha SH.22-X-B. Estado de Santa Catarina. Escala 1:250.000. / Organizado por Marco Aurélio Schneiders da Silva e Sérgio Reali Leites. Brasília: CPRM, 2000.
- SDM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. Bacias Hidrográficas de Santa Catarina: diagnóstico geral. Florianópolis. 1997.
- TRAININI, D.R.; DIAS, A.A.; KREBS, A.S.J.; SOUZA, E.C.; CAPELETTI, I.; TONIOLO, J.A.; SILVA, L. C.; SILVA, M. A. S. PROJETO VIDAL RAMOS – BIGUAÇU. PORTO ALEGRE: DNPM/CPRM, 303 P. 1978.
- WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377–392. 1922.